

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

553403

(43) 国際公開日
2004年10月28日 (28.10.2004)

PCT

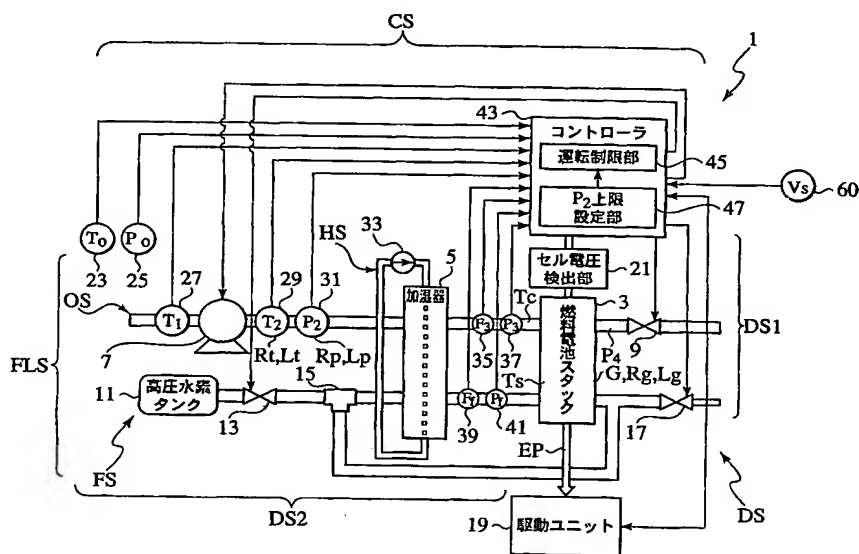
(10) 国際公開番号
WO 2004/093230 A1

- (51) 国際特許分類⁷: H01M 8/04
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/005371
- (22) 国際出願日: 2004年4月15日 (15.04.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2003-112956 2003年4月17日 (17.04.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日産自動車株式会社 (NISSAN MOTOR CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2210023 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 Kana-gawa (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 小池 雄一 (KOIKE, Yuichi) [JP/JP].
- (74) 代理人: 三好 秀和 (MIYOSHI, Hidekazu); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目2番3号 虎ノ門第一ビル 9階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC,

[続葉有]

(54) Title: FUEL CELL SYSTEM AND METHOD OF CONTROLLING THE SAME

(54) 発明の名称: 燃料電池システム及びその制御方法



11...HIGH-PRESSURE HYDROGEN TANK
5...HUMIDIFIER
43...CONTROLLER
45...OPERATION-LIMITING PORTION

47...P₂ UPPER LIMIT-SETTING PORTION
21...CELL VOLTAGE-DETECTING PORTION
3...FUEL CELL STACK
19...DRIVE UNIT

(57) Abstract: In order to realize sufficient output performance (EP) of a fuel cell stack (3) without imposing an excessive limit on its operation, an operation-limiting portion (45) and an upper limit value-setting portion (47) are provided in a controller (43) of a fuel cell system (1). Based on a suction air temperature (T₁) detected by a temperature sensor (27) and an atmospheric pressure (P₀)

[続葉有]



NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

— 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正書受領の際には再公開される。

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

detected by a pressure sensor (25), the operation-limiting portion (45) limits the operation of the stack (3) and relaxes the limitation. The limitation is made such that a temperature (T_2) of air discharged from an air compressor (7) does not rise beyond its upper limit value (L_t), and the relaxation is made when the lowering in the suction air temperature (T_1) is predicted. The upper limit value-setting portion (47) sets an upper limit value (L_p) of a pressure (P_2) of the air discharged from the air compressor (7) such that the temperature (T_2) of the air discharged from the air compressor (7) does not rise beyond its upper limit value (L_t), the setting made based on the suction air temperature (T_1) detected by the temperature sensor (27) and the atmospheric pressure (P_0) detected by the pressure sensor (25).

(57) 要約: 過剰な運転制限を設けることなく、燃料電池スタック (3) の出力性能 (EP) を確保するため、燃料電池システム (1) のコントローラ (43) に、温度センサ (27) が検出した吸入空気温度 (T_1) と圧力センサ (25) が検出した大気圧 (P_0) とに基づいて、空気圧縮機 (7) の吐出空気温度 (T_2) がその上限値 (L_t) を超えないようにスタック (3) の運転を制限し、吸入空気温度 (T_1) の低下が予測される状態において運転の制限を緩和する運転制限部 (45) と、温度センサ (27) が検出した吸入空気温度 (T_1) と圧力センサ (25) が検出した大気圧 (P_0) とに基づいて、空気圧縮機 (7) が吐出する空気の温度 (T_2) がその上限値 (L_t) を超えないように空気圧縮機 (7) の吐出空気圧力 (P_2) の上限値 (L_p) を設定する上限値設定部 (47) とを設けた。

明 細 書

燃料電池システム及びその制御方法

技術分野

- 5 本発明は、燃料電池システム及びその制御方法に関し、特に、燃料電池に供給される酸化剤の許容温度範囲に基づき燃料電池の発電を制限する燃料電池システム及びその制御方法に関する。

背景技術

- 10 燃料電池は、例えば水素ガスからなる燃料と酸素を含有する酸化ガスからなる酸化剤とを電解質を介し電気化学的に反応させて、電解質を挟む電極間に電気エネルギーを取り出す。

電解質を固体高分子で形成した固体高分子型燃料電池は、動作温度が低く、取扱いが容易なため、電動車両の車載電源として使用される。

- 15 燃料電池を電源とする電動車両は、車載の水素貯蔵装置（例えば、高圧水素タンク、液体水素タンク、水素吸蔵合金タンク）から供給される水素と、酸素を含む空気とを燃料電池で反応させ、そこから取り出した電気エネルギーで車両の駆動輪につながるモータを駆動し、反応生成物として水だけを排出することから、究極のクリーン車両といわれる。

- 20 地上で使用される燃料電池システムは、通常、空気圧縮機又は送風ファンにより周囲の空気を断熱的に圧縮し、結果的に昇温し昇圧された空気を酸化剤として燃料電池へ供給する酸化剤供給系を備える。

次の特許文献 1 ～ 3 に、酸化剤供給系を備える燃料電池システムに関する技術が示されている。

- 25 特許文献 1 :

日本特開 2 0 0 0 - 1 2 0 6 0 号公報（第 3 頁、図 1）

特許文献 2：

日本特開 2 0 0 0 - 4 8 8 3 8 号公報（第 3 頁、図 2）

特許文献 3：

5 日本特開 2 0 0 0 - 4 8 8 3 9 号公報（第 3 頁、図 2）

特許文献 1 は、空気圧縮機を通常運転時より圧力比の高い運転点で運転して得た比較的高温の空気を用いて、燃料改質器の暖機を促進し、起動時間を短縮する。

10 特許文献 2，3 は、酸化剤供給系に送風ファンを用い、先ず、その標準条件（1 気圧、0℃）下での回転速度を、所要燃料量に応じて推定し、その推定結果を更に大気圧と外気温とに応じて補正することにより、燃料電池の設置位置或いは気象条件の変動に拘わらず、適量の酸化剤を燃料電池に供給できるようにしている。

15 特許文献 1 に従い空気圧縮機の圧力比を高くした場合、或いは特許文献 1～3 で空気圧縮機又は送風ファンが高温の空気を吸入した場合に、その吐出空気の温度が過度に上昇する可能性がある。

発明の開示

20 この問題は、そうした空気圧縮機又は送風ファンの下流側にある部品の耐熱温度を考慮して吐出空気の圧力及び燃料電池の発電を制限することにより、対処することができる。

25 しかしながら、そうした空気圧縮機又は送風ファンの吸込口が、例えば燃料電池自身、あるいはその水冷ラジエタの近くにあると、これが熱源となり、車両の停止時或いは低速走行時に、吸入空気の温度が高くなる。

このため、車両の発進時或いは加速時に燃料電池の発電を制限して、空気圧縮機の吐出空気温度が所定温度を超えないように配慮する必要が生じ、それだと燃料電池の性能を活かし切れない事態も想定される。

本発明は、以上の点に鑑みなされたもので、酸化剤の供給温度の許容
5 範囲に応じて燃料電池の発電を制限しつつも、状況に応じ燃料電池の性能を活用可能な燃料電池システム及びその制御方法を提供することをその課題とする。

前記課題を解決する本発明の1つの主題は、水素を含む燃料ガスと酸素を含む酸化ガスとの供給を受けて発電する燃料電池と、前記燃料電池
10 に空気を供給する空気供給部と、前記空気供給部が吸入する空気の温度を検出する吸入空気温度検出部と、大気圧を検出する大気圧検出部と、前記燃料電池の運転を制御する制御装置とを備えた燃料電池システムであって、前記制御装置は、前記吸入空気温度検出部が検出した吸入空気温度と前記大気圧検出部が検出した大気圧とに基づいて、前記空気供給
15 部が吐出する空気の温度が所定の上限値を超えないように前記燃料電池の運転を制限し、所定の状態においては前記運転の制限を緩和する運転制限部を備えることを要旨とする。

前記課題を解決する本発明の別の主題は、酸化剤を含むユーティリティを供給する供給系と、前記供給系から供給されたユーティリティを用
20 いて発電する燃料電池と、前記供給系を制御して前記燃料電池を運転するコントローラとを備えてなり、前記コントローラは、前記酸化剤の供給条件を制限する第1の制御部と、前記供給系の運転状況に応じて前記供給条件の制限を緩和する第2の制御部とを有することを要旨とする燃料電池システムである。

25 前記課題を解決する本発明の別の主題は、水素を含む燃料ガスと酸素

を含む酸化ガスとの供給を受けて発電する燃料電池と、前記燃料電池に空気を供給する空気供給部と、前記空気供給部が吸入する空気の温度を検出する吸入空気温度検出部と、大気圧を検出する大気圧検出部と、前記燃料電池の運転を制御する制御装置とを備える燃料電池システムの制御方法であって、前記吸入空気温度検出部が検出した吸入空気温度と前記大気圧検出部が検出した大気圧とに基づいて、前記空気供給部が吐出する空気の温度が所定の上限値を超えないように前記燃料電池の運転を制限し、所定の状態においては前記運転の制限を緩和することを要旨とする。

5

前記課題を解決する本発明の別の主題は、酸化剤を含むユーティリティを供給する供給系と、前記供給系から供給されたユーティリティを用いて発電する燃料電池とを備え、前記供給系を制御して前記燃料電池を運転する燃料電池システムの制御方法であって、前記酸化剤の供給条件を制限し、前記供給系の運転状況に応じて前記供給条件の制限を緩和することを要旨とする。

10

15

図面の簡単な説明

図1は、本発明の第1の実施の形態に係る燃料電池システムのブロック図である。

図2は、図1の燃料電池システムにおける空気圧縮機の吸入空気温度と吐出空気圧力の上限值との間の関係を実験に基づき示すグラフである。

20

図3は、図1の燃料電池システムのコントローラの制御フローチャートである。

図4は、図3の制御フローチャートを補完するフローチャートである。

25

図5は、図3の制御フローチャートを補完するフローチャートである。

図 6 は、図 5 のフローチャートを補完するフローチャートである。

図 7 は、第 1 の実施の形態の第 1 の変更例を示すフローチャートである。

図 8 A は、空気圧縮機の吸入空気温度と吐出空気圧力の上限值との間の関係を実験に基づき示すグラフである。

図 8 B は、空気圧縮機の吐出空気圧力上限値と燃料電池スタックの出力電力上限値との間の関係を実験に基づき示すグラフである。

図 8 C は、空気圧縮機の吸入空気温度と燃料電池スタックの出力電力上限値との間の関係を示すグラフである。

図 9 は、第 1 の実施の形態の第 2 の変更例を示すフローチャートである。

図 10 は、図 9 のフローチャートを補完するフローチャートである。

図 11 は、図 10 のフローチャートを補完するフローチャートである。

図 12 は、第 1 の実施の形態の第 3 の変更例を示すフローチャートである。

図 13 は、図 12 のフローチャートを補完するフローチャートである。

図 14 は、図 12 のフローチャートを補完するフローチャートである。

図 15 は、第 1 の実施の形態の第 4 の変更例を示すフローチャートである。

図 16 は、第 1 の実施の形態の第 5 の変更例を示すフローチャートである。

図 17 は、本発明の第 2 の実施の形態を示す制御フローチャートである。

図 18 は、本発明の第 3 の実施の形態に係る車両の燃料電池システムのブロック図である。

図 19 は、図 18 の車両のメインモータの回転数とトルクとの関係、及び回転数と電力との関係を示すグラフである。

図 20 は、図 18 の車両の低速域における、アクセル開度と、メインモータが要求する電力と、空気圧縮機の吐出空気の圧力及び温度との時間変化を示すタイムチャートである。

図 21 は、図 18 の車両の中～高速域における、アクセル開度と、メインモータが要求する電力と、空気圧縮機の吐出空気の圧力及び温度との時間変化を示すタイムチャートである。

図 22 は、図 18 の車両のメインモータの回転数と、メインモータが要求する電力、燃料電池スタックの運転を制限するパラメータの値を制限の緩和のために補正する補正係数、及び緩和の補完のために補正する補正係数との関係を示すグラフである。

図 23 は、図 18 の燃料電池システムのコントローラの制御フローチャートである。

発明を実施するための最良の形態

以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態及びその変更例を説明する。同じ要素又は機能は同じ符号で示し、理解を容易となす。

〔第 1 の実施の形態〕

先ず、図 1 ～図 6 を参照して、本発明の第 1 の実施の形態を説明する。

図 1 は、第 1 の実施の形態に係る燃料電池システム 1 のブロック図である。

燃料電池システム 1 は、ユニットセル（不図示）の集合体からなる燃料電池本体としての燃料電池スタック 3 と、このスタック 3 の運転に必

要な流体を供給する流体供給系 F L S と、スタック 3 及び流体供給系 F L S の動作状態を検出するスタック状態検出系 D S 1 及び流体状態検出系 D S 2 を含む検出システム D S と、この検出システム D S から得た検出データに基づき流体供給系 F L S を制御することによりスタック 3 の
5 発電を制御する制御システム C S とを備える。

なお上記燃料電池システム 1 は、スタック 3 から電力 E P の供給を受けて動作する駆動ユニット 1 9 を備え、この駆動ユニット 1 9 は、本実施例ではこのシステム 1 を搭載した電動式自動車のメインモータとして説明するが、これに限定されず、例えばこのシステム 1 を搭載した電
10 車の駆動モータ、或いはこのシステムを適用可能な任意規模プラントの電動駆動部でも良い。この点、上記検出システム D S は、駆動ユニット 1 9 の運転状態（即ち操作状態及び作動状態）を検出する検出系（不図示）を含み、また上記制御システム C S は、検出システム D S の検出データに基づき駆動ユニット 1 9 の作動状態（即ち、動作及び出力）を必
15 要に応じ推定し、適宜制御するための制御要素を含む。

流体供給系 F L S は、スタック 3 に燃料を供給する燃料供給系 F S と、スタック 3 に酸化剤を供給する酸化剤供給系 O S と、燃料及び酸化剤を加湿するための純水を循環させる純水循環系 H S と、スタック 3 の
20 運転温度を適正に保持すべく冷却するための冷却水を冷媒として循環させる冷媒循環系（不図示）とを含む。

燃料供給系 F S は、燃料としてのガス状水素を貯蔵する高圧水素タンク 1 1 と、このタンク 1 1 から取出した高圧の水素の流量制御を行う可変バルブ 1 3 と、高圧の水素を適宜外部へ排出するパージ弁 1 7 と、スタック 3 下流側に出てきた未使用の水素を上流側へ還流させるための
25 イジェクタ 1 5 とを含む一群の流体回路要素を必要に応じ備える。

酸化剤供給系 O S は、吸入した外気を圧縮し酸化剤として吐出する空気供給装置としての空気圧縮機 7 と、スタック 3 へ供給される空気の圧力及び流量を制御するスロットル 9 とを含む一群の流体回路要素を必要に応じ備える。

- 5 純水循環系 H S は、純水を循環させる純水ポンプ 33 と、循環する純水により燃料及び酸化剤を加湿する加湿器 5 とを含む一群の流体回路要素を必要に応じ備える。

- 冷媒循環系は、スタック 3 に設けられた冷媒流路と、冷媒の熱を系外に放出するラジエタと、冷媒を循環させる冷媒ポンプとを含む一群の
10 流体回路要素を必要に応じ備える。

スタック状態検出系 D S 1 は、スタック 3 を構成するユニットセルあるいはセル群の電圧を検出するセル電圧検出部 21 を含む一群の検出要素を必要に応じ備える。

- 流体状態検出系 D S 2 は、外気の温度 T_0 及び圧力 P_0 をそれぞれ検
15 出する温度センサ 23 及び圧力センサ 25 と、空気圧縮機 7 に吸入される空気の温度 T_1 を検出する温度センサ 27 と、空気圧縮機 7 から酸化剤として吐出された空気の温度 T_2 及び圧力 P_2 をそれぞれ検出する温度センサ 29 及び圧力センサ 31 と、加湿器 5 により加湿されてスタック 3 へ流入する空気の流量 F_3 及び圧力 P_3 をそれぞれ検出する流量センサ 35 及び圧力センサ 37 と、加湿器 5 により加湿されてスタック 3
20 へ流入する水素の流量 F_f 及び圧力 P_f をそれぞれ検出する流量センサ 39 及び圧力センサ 41 とを含む一群の検出要素を必要に応じ備える。
なお、外気温 (T_0) センサ 23 は、システム 1 内の熱源 (例えば、スタック 3 又はその冷却水のラジエタ) の影響を受けない位置に設置する。

- 25 制御システム C S は、上記センサ 23, 25, 27, 29, 31,

35, 37, 39, 41 及びセル電圧検出部 21 を含む検出システム D
S の出力を読み、内蔵された制御プログラムに基づいて、燃料供給系
F S の可変バルブ 13 及びパージ弁 17 並びに酸化剤供給系 O S の空気
圧縮機 7 及びスロットル 9 を含む流体供給系 F L S の能動回路要素のア
クチュエータを制御するコントローラ 43 を有する。

5 スタック 3 は、そこに供給され更に分岐されて各ユニットセルに流入
した水素及び空気をそのセル内で反応させて発電を行い、全セルで得ら
れた電力（電流）を集め、必要に応じ駆動ユニット 19 へ供給する。各
セルに流入した水素及び空気は互いに独立な流路を流れ、その間の反応
10 は、流路間に設けられた電解質膜（本実施形態では固体高分子膜）を介
して行われる。

各セルでの反応後に残された未使用の空気は、セル間の空気合流路
を介して集められ、スタック 3 下流側のスロットル 9 を介してシステム
1 の系外へ排出される。また各セルでの反応後に残された未使用の水素
15 は、セル間の水素合流路を介して集めた後、更に加湿器 5 の上流側へイ
ジェクタ 15 を介し還流して再度発電に使用するが、状況に応じ、パー
ジ弁 17 を介してシステム 1 の系外へ排出することもできる。

水素及び空気の各セルへの分岐路、セル内流路及びセル間の合流路
は、それぞれ燃料供給系 F S 及び酸化剤供給系 O S の受動的流体回路要
素をなす。従って酸化剤供給系 O S の流路内圧 P_2 , P_3 は、上記スロ
ットル 9 の絞り圧 P_4 に依存して決まる。

$$P_2 = f_1(P_4), P_3 = f_2(P_4)$$

ここに、 f_i ($i =$ 自然数) は表示外の変数も含む多変数の関数を表
す。

25 空気圧縮機 7 から吐出される空気の温度 T_2 は、空気圧縮機 7 の吸入

空気温度 T_1 と圧縮比 (P_0/P_2) とに依存し、空気圧縮機 7 の下流に位置する酸化剤供給系 O S の流体回路要素の温度性能 T_c により許容範囲 R_t の上限 L_t が制限される。

$$\begin{aligned} T_2 &= f_3 (T_1, P_0/P_2) = f_3 \{ T_1, P_0/f_1 (P_4) \} \\ &= f_4 (T_1, P_0, P_4) \\ T_2 &\leq L_t = f_5 (T_c) \end{aligned}$$

一方、スタック 3 の出力電力 (又は発電電力) G は、その許容範囲 R_g の上限 L_g がスタック 3 の動作温度 T_s に依存し、この動作温度 T_s は空気圧縮機 7 の吐出空気温度 T_2 に依存する。

$$\begin{aligned} L_g &= f_6 (T_s), T_s = f_7 (T_2), \\ L_g &= f_6 \{ f_7 (T_2) \} = f_8 (T_2) \end{aligned}$$

従って、スタック 3 の出力電力 G は、その許容範囲 R_g の上限 L_g が上記吸入空気温度 T_1 に依存し、酸化剤供給系 O S の流体回路要素の温度性能 T_c により制限される。

$$\begin{aligned} L_g &= f_8 \{ f_4 (T_1, P_0, P_4) \} = f_9 (T_1, P_0, P_4) \\ &= f_9 \{ T_1, P_0, f_1^{-1} (P_2) \} = f_{10} (T_1, P_0, P_2) \\ G &\leq L_g = f_{11} (T_c) \end{aligned}$$

コントローラ 43 は、検出システム D S の検出データを読み、駆動ユニット 19 の運転状態からスタック 3 の目標発電量を推定して、この発電量を達成すべく流体供給系 F L S の空気圧縮機 7、スロットル 9 及び可変バルブ 13 を含む能動流体回路要素の制御目標値をさだめ、現データとの比較からそれぞれの所要制御量を計算して対応した制御を行うとともに、スタック 3 から駆動ユニット 19 へ必要な電力 E_P (電流) が供給されるように制御する。

このため、コントローラ 43 は、温度センサ 27 で検出した吸入空気

温度 T_1 と圧力センサ25で検出した大気圧 P_0 とに基づいて、空気圧縮機7の吐出空気の温度 T_2 がその許容範囲 R_t の上限値 L_t を超えないようにスタック3の運転を制限し、必要に応じ或いは所定の状態で、その制限の度合を緩和する運転制限部45を備え、更に、空気圧縮機7

5 の吐出空気の温度 T_2 を上記上限値 L_t 以下に抑えるべく、その吐出空気の圧力 P_2 の上限値 L_p を設定し、これにより吐出空気圧 P_2 の許容範囲 R_p を規定する吐出空気圧(P_2)上限設定部47を備える。この上限値 L_p は、上記吸入空気温度 T_1 及び大気圧 P_0 に基づき設定され、この設定値を変えることにより、運転制限部45によるスタック3の運

10 転制限の緩和がなされる。

本実施の形態は、システム1が搭載された燃料電池車両を発進時または低速走行時に加速すると、空気圧縮機7の吸入空気温度 T_1 が走行風の影響により低下して、最終的に外気温度 T_0 にほぼ等しくなる点に着目し、この現象を利用してスタック3の運転制限を緩和することにより

15 システム1の効率を向上させるようにしたもので、空気圧縮機7の吐出空気温度 T_2 の上限値 L_t を見定める際、吸入空気温度 T_1 の過渡的な変化を考慮することにより、スタック3の過剰な運転制限を回避している。

つまり、空気圧縮機7の吸入空気温度 T_1 及び大気圧 P_0 を検出して

20 吐出空気温度 T_2 をその上限値 L_t 以下に維持するために吐出空気圧力 P_2 の上限値 L_p を設定してスタック3の運転を制限する際に、吸入空気温度 T_1 の変化を算出し、低下が予測される場合には、その低下率に応じて吐出空気圧力 P_2 の上限値 L_p を補正することにより、スタック3の運転制限を緩和する処理(図3のステップS6に相当)を行い、過

25 剰な運転制限を回避する。

ここで図2を参照して、吐出空気圧力上限値 L_p の補正演算の一例を説明するが、本発明は、この例に限定されるものではない。

図2は、本システム1における空気圧縮機7の吸入空気温度 T_1 [°C] と吐出空気圧力上限値 L_p [kPa] との関係を、外気圧 P_0 = 一定の条件下で行った実験に基づき示すグラフであり、曲線 A_p (実線) は
5 運転制限非緩和時 (つまり、通常の運転制限状態で) の関係に相当し、曲線 B_p (破線) は基準となる (つまり実験された) 過度状態における運転制限緩和時の関係に相当する。

先ず、一定の大気圧 P_0 [kPa] 下でシステム1の実機実験を行い、吸入空気温度 T_1 [°C] と、これに対応した吐出空気温度 T_2 をその上限値 L_t [°C] 以下に維持するための吐出空気圧力 P_2 の上限値 L_{p_a} [kPa] と、の間の静的な関係 (曲線 A_p) を記録する。
10

次に、同じ大気圧 P_0 [kPa] 下で、空気圧縮機7の吸入空気温度 T_1 を所定時間 t 秒間に所定の温度差だけ (例えば、図2の T_{1_1} [°C] から T_{1_2} [°C] まで) 均等に低下させる実験を行い、その時の低下率 $-\Delta T_r$ [°C/s] {つまり、基準となる降温速度 = $(T_{1_2} - T_{1_1}) / t$ } と、この基準的過度状態 (つまり、吸入空気温度 T_1 を基準の変化率 ΔT_r で低下させる動的な状態) における吸入空気温度 T_1 [°C] と吐出空気圧力上限値 L_{p_b} [kPa] との間の関係 (曲線 B_p) とを記録する。
15

そして、燃料電池車両に搭載されたシステム1の運転に際し、現在の制御サイクルにおいて検出された吸入空気温度 T_1 と、前サイクルもしくはそれより前のサイクルとの比較から算出された吸入空気温度 T_1 の低下率 $-\Delta T_d$ [°C/s] とに基づき、現サイクルでの吸入空気温度 T_1 に対応した吐出空気圧力 P_2 の静的な上限値 L_{p_a} [kPa] を、この静的上限値
20 L_{p_a} とそれに対応する標準的過度状態での動的上限値 L_{p_b} との間の

比例計算から内挿的或いは必要に応じ外挿的に求められた補正量 ΔL_p
 $= (L_{p_b} - L_{p_a}) (\Delta T_d / \Delta T_r)$ により、次の式(1)のように
 補正し、この補正された値を実際の過度状態における吐出空気圧力上限
 値 L_p として設定する：

$$\begin{aligned} L_p &= L_{p_a} + \Delta L_p \\ &= L_{p_a} + (L_{p_b} - L_{p_a}) (\Delta T_d / \Delta T_r) \dots (1) \end{aligned}$$

次に、図3～図6を参照して、本システム1の作用を説明する。

図3はコントローラ43の制御フローチャートであり、図4及び図
 5は図3の制御フローチャートを補完するフローチャートであり、図6
 10 は図5のフローチャートを補完するフローチャートである。

コントローラ43は、圧力センサ25により検出された大気圧 P_0 と、
 温度センサ27により検出された空気圧縮機7の吸入空気温度 T_1 とに
 基づいて、システム1の運転制限を行う。より詳細には「流体供給系F
 LSの運転（つまり操作量及び動作）を制御することによりスタック3
 15 の運転（つまり発電動作）を制限し、必要に応じ駆動ユニット19への
 供給電力EPも制御する」（以下、このことを「スタック3の運転制
 限」と呼び、文脈によっては、単に「運転制限」若しくは「（運転の）
 制限」と略称する）。そして、コントローラ43が認識したシステム1
 の運転状況に応じ、スタック3の運転制限を緩和する処理を行う。

20 コントローラ43の制御サイクルCL（図3）は、スタック3の運転
 開始指令発令以降の各タイムスロット（例えば10[ms]の時間幅）に
 おいて、図3の運転制限／緩和処理LRP1を実行する。即ち、ステッ
 プS0でこの処理LRP1に入り、ステップS7でこの処理LRP1から
 出る。なお、現サイクル（つまり現在のタイムスロット）における処
 25 理LRP1の結果は、次サイクル（つまり現在の次のタイムスロット）

以降の処理LRP1で更改されるまで維持される。

図3に示すように、制御フローはステップS0からステップS1へ進む。

5 ステップS1では、現サイクルで温度センサ27により検出された空気圧縮機7の吸入空気温度 T_1 を取得する（つまり、コントローラ43の中央処理装置が現サイクルの検出データをサンプリングしてメモリに保存し、現サイクル以降のサイクルにおける読込みに備える）。制御フローはステップS1からステップS2へ進む。

10 ステップS2では、現サイクルで圧力センサ25により検出された大気圧 P_0 を取得する。制御フローはステップS2からステップS3（運転制限処理）へ進む。

ステップS3では、現サイクルで取得した吸入空気温度 T_1 及び大気圧 P_0 を含む保存データに基づき、図4に示す運転制限処理を行い、吐出空気圧 P_2 の静的な上限値 L_p （例えば図2の L_{pa} ）を設定する。
15 制御フローはステップS3からステップS4（基本的な緩和許可否判定処理）へ進む。

ステップS4では、図5に示す緩和許可否判定処理を行って、運転制限の緩和が可能でありそれを許可すべきか或いは不可能であり拒否すべきかを判定し、緩和許可フラグFAの値（1＝許可、0＝拒否）を設定する。
20 制御フローはステップS4からステップS5へ進む。

ステップS5では、ステップS4で設定された緩和許可フラグFAの値が1か0かを判断し、FA＝1であれば、制御フロー（YES）がステップS5からステップS6（緩和処理）へ進み、FA＝0であれば、制御フロー（NO）がステップS5からステップS7へ進む。

25 ステップS6では、既述の運転制限緩和処理を実行する。つまり、

- 現サイクルでのステップS 3で設定した吐出空気圧 P_2 の静的な上限値 L_p を{例えば、前述の式(1)中の静的上限値 L_{pa} に代入することにより}補正して、現在の過度状態に対応した動的な上限値 L_p を設定し、この上限値 L_p に従い{即ち($P_2 \leq$ 動的 L_p)となるように}スタック3の運転制限を行う。制御フローはステップS 6からステップS 7へ進む。

ここで、図4を参照して、ステップS 3の運転制限処理を更に説明する。

- 図4に示すように、制御フローはステップS 2からステップS 10(制限値設定処理)へ進む。

- ステップS 10では、現サイクルで取得した吸入空気温度 T_1 及び大気圧 P_0 に基づき、吐出空気温度 T_2 をその上限値 L_t 以下に維持すると推定される吐出空気圧力 P_2 の静的な上限値 L_p を演算して設定する。制御フローはステップS 10からステップS 12(制限実行処理)へ進む。

- ステップS 12では、現在従うべき吐出空気圧力上限値 L_p を確認する。つまり、前サイクルで設定された緩和許可フラグ $FA=0$ であれば、現サイクルで設定した静的な上限値を現在従うべき上限値 L_p とみなし、 $FA=1$ であれば、前サイクルで設定された動的な上限値と現サイクルで設定した静的な上限値との内の適宜な一方(より詳細には、前サイクル以前の運転と滑らかにつながるほう)を現在従うべき上限値 L_p とみなす。そして、この上限値 L_p に基づき、空気圧縮機7の吐出空気圧力 P_2 を{($P_2 \leq L_p$)となるように}制御して、スタック3の運転を制限する。制御フローはステップS 12からステップS 4へ進む。

- ステップS 10の推定演算で使用される吐出空気温度 T_2 及びその上

限值 L_t の計算は、吸入空気温度 T_1 、大気圧 P_0 、空気圧縮機 7 の全断熱効率、酸化剤供給系 O S の流体回路要素の温度性能 T_c に基づく吐出空気温度 T_2 の上限値 L_t などを含む保存データを用いて行う。

5 なお、空気圧縮機 7 の吐出空気圧力 P_2 の上限値 L_p に代え吐出空気温度 T_2 の上限値 L_t を設定して、温度センサ 29 により検出された吐出空気温度 T_2 がその上限値 L_t を超えないように吐出空気圧力 P_2 を制御することにより、吸入空気温度 T_1 の過度状態におけるスタック 3 の運転制限の緩和を実現しても良い。

10 次に、図 5 を参照して、ステップ S 4 の緩和許否判定処理を、更に説明する。

図 5 に示すように、制御フローはステップ S 3 からステップ S 20 へ進む。

15 ステップ S 20 では、現サイクルで温度センサ 23 により検出された外気温度 T_0 を取得する。制御フローはステップ S 20 からステップ S 22 へ進む。

20 ステップ S 22 では、現サイクルで取得した吸入空気温度 T_1 と現サイクルで取得した外気温度 T_0 との間の温度差 DT (但し、 $DT = T_1 - T_0$) が対応する閾値 Th_1 を上回るか否か判定する。 $DT > Th_1$ であれば、制御フロー (YES) がステップ S 22 からステップ S 24 (変化予測処理) へ進み、 $DT \leq Th_1$ であれば、制御フロー (NO) がステップ S 22 からステップ S 30 へ進む。

ステップ S 24 では、図 6 に示す変化予測処理に従って、吸入空気温度 T_1 の変化を予測し、吸入空気温度 T_1 の低下が期待可能か否か判定する。制御フローはステップ S 24 からステップ S 26 へ進む。

25 ステップ S 26 では、ステップ S 24 の判定結果を確認する。そし

て、吸入空気温度 T_1 の低下が期待できれば、制御フロー（YES）がステップ S 26 からステップ S 28 へ進み、吸入空気温度 T_1 の低下が期待できなければ、制御フロー（NO）がステップ S 26 からステップ S 30 へ進む。

- 5 ステップ S 28 では、緩和許可フラグ FA を、 $FA = 1$ に設定する。制御フローはステップ S 28 からステップ S 5 へ進む。

ステップ S 30 では、緩和許可フラグ FA を、 $FA = 0$ に設定する。制御フローはステップ S 30 からステップ S 5 へ進む。

- 10 次に、図 6 を参照して、ステップ S 24 の（ T_1 ）変化予測処理を、更に説明する。

図 6 に示すように、制御フローはステップ S 22 からステップ S 40 へ進む。

- 15 ステップ S 40 では、本システム 1 を搭載する燃料電池車両の車速センサ 60 により現サイクルで検出された車速 V_s を取得する。制御フローはステップ S 40 からステップ S 42 へ進む。

- 20 ステップ S 42 では、現サイクルで取得した車速 V_s が対応する閾値 Th_2 （例えば、5 [km/h]）を下回るか否か判断する。 $0 \leq V_s < Th_2$ であれば、制御フロー（YES）がステップ S 42 からステップ S 44 へ進み、 $V_s \geq Th_2$ であれば、制御フロー（NO）がステップ S 42 からステップ S 46 へ進む。

ステップ S 44 では、車両の発進または加速に伴う走行風による吸入空気温度 T_1 の有意な低下を現サイクル以降で期待できると判定する。制御フローはステップ S 44 からステップ S 26 へ進む。

- 25 ステップ S 46 では、走行風による吸入空気温度 T_1 の低下が既に飽和状態（つまり、 $DT = T_1 - T_0 = 0$ の状態）の近傍に達しており、

もはや現サイクル以降で有意な低下を期待することができないと判定する。制御フローはステップS 4 6からステップS 2 6へ進む。

本実施の形態によれば、ステップS 2 2で、吸入空気温度 T_1 が外気温 T_0 より所定温度差 Th_1 以上高いと判断され、かつステップS 4 4

5 で、吸入空気温度 T_1 の低下が現サイクル以降で期待できると判定された場合に、ステップS 2 8で、緩和許可フラグFAが $FA=1$ （許可）に設定される。つまり、燃料電池車両がその停止状態あるいは極低速での走行状態から発進もしくは加速して、車速 V_s が次第に上昇し、吸入空気温度 T_1 が応分に低下すると見込まれる過度的状態を検知し、その
10 としスタック3の運転制限を緩和しようとしているので、燃料電池車両の加速性能を前向きに支援する仕方で、システム1を運転できる。

本実施の形態によれば、空気圧縮機7の吐出空気温度 T_2 をその上限値 L_t 以下に維持すべく吐出空気圧力 P_2 の上限値 L_p を設定し、吐出空気圧力 P_2 がこの上限値 L_p を上回らないように制御しているので、

15 スタック3の運転制限を緩和しても、吐出空気温度 T_2 が上限値 L_t を上回ることがなく、従って、空気圧縮機7の吸入空気温度 T_1 が低下する過度的状態において過剰な運転制限を回避できる。

次に第1の実施の形態の制御フローを部分的に変更した複数の変更例を説明する。これらの変更例は適宜組み合わせることができる。

20

〔第1の実施の形態の第1の変更例〕

次に、図7を参照して、第1の実施の形態の第1の変更例を説明する。

この変更例は、スタック3の運転制限をパラメータ変換により多様化するもので、図3のステップS 3（運転制限処理）の処理内容が図4

25 に示すフローから図7に示すフローに変わる点で、第1の実施の形態と

異なる。より詳細には、図4のステップS12（制限実行処理）が図7のステップS50，S52，及びS54に置き換わる。

図7に示すように、第1の変更例の制御フローはステップS2（図3）から、ステップS10（図4の制限値設定処理）を経て、ステップ
5 S50へ進む。

ステップS50では、現在従うべき吐出空気圧力上限値 L_p を確認する。制御フローはステップS50からステップS52（パラメータ変換処理）へ進む。

ステップS52では、現在従うべき吐出空気圧力上限値 L_p を、ス
10 タック3の出力電力上限値（即ち、スタック3から取出可能な電力の上限値） L_g にパラメータ変換する。この上限値 L_g をスタック3の出力電流で表しても良い。制御フローはステップS52からステップS54へ進む。

ステップS54では、流体供給系FLSを制御して、スタック3の
15 出力電力（又は発電電力） G が $G \leq L_g$ となるように、運転の制限を行う。制御フローはステップS54からステップS4（図3の緩和許否判定処理）へ進む。

ここで図8A～8Cを参照して、図7のステップS52（パラメータ変換処理）を更に説明する。

20 図8Aは、空気圧縮機7の吸入空気温度 T_1 と吐出空気圧力 P_2 の上限値 L_p との間の関係（曲線 L_{pa} ，曲線 L_{pb} ）を実験に基づき示す、図2に対応したグラフ；図8Bは、空気圧縮機7の吐出空気圧力上限値 L_p とスタック3の出力電力上限値 L_g との間の関係（曲線 C_g ）を実験に基づき示す、パラメータ変換（ $L_p \rightarrow L_g$ ）のためのグラフ；図8
25 Cは、パラメータ変換（ $L_p \rightarrow L_g$ ）により得られた、空気圧縮機7の

吸入空気温度 T_1 とスタック 3 の出力電力上限値 L_g との間の関係（曲線 L_{g_a} 、曲線 L_{g_b} ）を示すグラフである。

図 8 A に示すように、外気圧 P_0 = 一定の条件の下に、吸入空気温度 T_1 と吐出空気圧力上限値 L_p との間の静的な関係を示す曲線 L_{p_a} は、
 5 例えば、 $T_1 = T_{11}$ で $L_p = L_{p_{a1}}$ となり、 $T_1 = T_{12}$ で $L_p = L_{p_{a2}}$ となる。同じ外気圧 P_0 = 一定の条件の下に、吸入空気温度 T_1 を基準の変化率 $\{\Delta T_r = (T_{12} - T_{11}) / t\}$ で低下させた過度状態で、吸入空気温度 T_1 と吐出空気圧力上限値 L_p との間の動的な関係を示す曲線 L_{p_b} は、例えば、 $T_1 = T_{11}$ で $L_p = L_{p_{b1}}$ となり、 $T_1 = T_{12}$
 10 で $L_p = L_{p_{b2}}$ となる。

図 8 B に示すように、外気圧 P_0 = 一定の条件の下に、吐出空気圧力上限値 L_p と出力電力上限値 L_g との間の関係を示す曲線 C_g は、ほぼリニアかつ連続で、例えば、 $L_p = L_{p_{a1}}$ のとき $L_g = L_{g_{a1}}$ となり、 $L_p = L_{p_{b1}}$ のとき $L_g = L_{g_{b1}}$ となり、 $L_p = L_{p_{a2}}$ のとき $L_g = L_{g_{a2}}$ となり、 $L_p = L_{p_{b2}}$ のとき $L_g = L_{g_{b2}}$ となる。つまり、スタック 3 の運転を制限する限界値が、曲線 C_g {即ち、対応する連続写像関数 $L_g = f_{12}(L_p)$ } により、パラメータ L_p からパラメータ L_g へ、 $L_{p_{a1}} \rightarrow L_{g_{a1}}$ 、 $L_{p_{b1}} \rightarrow L_{g_{b1}}$ 、 $L_{p_{a2}} \rightarrow L_{g_{a2}}$ 、 $L_{p_{b2}} \rightarrow L_{g_{b2}}$ のように変換される。

20 このパラメータ変換により、図 8 C に示すように、外気圧 P_0 = 一定の条件の下に、吸入空気温度 T_1 と出力電力上限値 L_g との間の静的な関係を示す曲線 L_{g_a} が得られ、また同じ外気圧 P_0 = 一定の条件の下に、吸入空気温度 T_1 を基準の変化率 (ΔT_r) で低下させた過度状態で、吸入空気温度 T_1 と出力電力上限値 L_g との間の動的な関係を示す
 25 曲線 L_{g_b} が得られる。静的関係を示す曲線 L_{g_a} は、例えば、 $T_1 = T$

$_{1,1}$ で $Lg = Lg_{a,1}$ となり、 $T_1 = T_{1,2}$ で $Lg = Lg_{a,2}$ となる。動的関係を示す曲線 Lg_b は、例えば、 $T_1 = T_{1,1}$ で $Lg = Lg_{b,1}$ となり、 $T_1 = T_{1,2}$ で $Lg = Lg_{b,2}$ となる。

5 なお、本変更例に係る運転制限処理（図 7）を含む制御フロー CL（図 3）の実行に際し、ステップ S 6 の緩和処理でもパラメータ変換（ $Lp \rightarrow Lg$ ）を行うことは差し支えない。

10 その場合は、図 8 B の写像関数 $Lg = f_{1,2}(Lp)$ により、吐出空気圧力 P_2 の動的な上限値 Lp を出力電力（又は発電電力） G の動的な上限値 Lg に変換して、 $G \leq Lg$ となるように制御することにより、運転制限の緩和を実行する。

15 しかしながら、図 8 C に対応するデータマップが存在する場合には、動的 Lp の設定同様に、燃料電池車両に搭載されたシステム 1 の運転に際し、現在の制御サイクルにおいて検出された吸入空気温度 T_1 と、前サイクルもしくはそれより前のサイクルとの比較から算出された吸入空気温度 T_1 の低下率 $-\Delta T_d$ [$^{\circ}\text{C}/\text{s}$] とに基づき、現サイクルでの吸入空気温度 T_1 に対応した出力電力 G の静的な上限値 Lg_a [kW] を、この静的上限値 Lg_a とそれに対応する標準的過度状態での動的上限値 Lg_b との間の比例計算から内挿的或いは必要に応じ外挿的に求められた補正量 $\Delta Lg = (Lg_b - Lg_a) (\Delta T_d / \Delta T_r)$ により、次の式 (2) のように補正し、この補正された値を実際の過度状態における出力電力上限値 Lg として設定するようにしてもよい：

$$\begin{aligned} Lg &= Lg_a + \Delta Lg \\ &= Lg_a + (Lg_b - Lg_a) (\Delta T_d / \Delta T_r) \cdots (2) \end{aligned}$$

25 〔第 1 の実施の形態の第 2 の変更例〕

次に、図 9 - 1 1 を参照して、第 1 の実施の形態の第 2 の変更例を説明する。

この変更例は、スタック 3 の運転制限の緩和に酸化剤の圧力変化に応じた制限を加えるもので、図 3 のステップ S 4（基本的な緩和許否判定処理）の後のステップ S 5（許否判断）を、図 9 に示すステップ S 6 6（補助的な緩和許否判定処理）とステップ S 6 8（許否判断）との組合せに置き換えた点で、第 1 の実施の形態と異なる。図 1 0 - 1 1 は、図 9 のステップ S 6 6 の処理内容を示すフローチャートである。

図 9 に示すように、第 2 の変更例の制御フローはステップ S 4（基本的な緩和許否判定処理）からステップ S 6 6（補助的な緩和許否判定処理）へ進む。

ステップ S 6 6 では、図 1 0 - 1 1 のフローに従って補助的な緩和許否判定処理を実行し、図 1 0 に示す判定フラグ F B { F B = 1（許可）又は F B = 0（拒否）} と、図 1 1 に示す判定フラグ F C { F C = 1（許可）又は F C = 0（拒否）} との値を設定する。制御フローはステップ S 6 6 からステップ S 6 8 へ進む。

ステップ S 6 8 では、フラグ F A（図 5）とフラグ F B とフラグ F C との AND（論理積： $F A \cap F B \cap F C$ ）が 1 か否かを判断する。この論理積が 1 であれば、制御フロー（YES）がステップ S 6 8 からステップ S 6（図 3 の緩和処理）へ進む。

上記論理積が 1 でなければ（つまり、 $F A \cap F B \cap F C = 0$ なら）、制御フロー（NO）がステップ S 6 8 からステップ S 7（図 3）へ進み、現サイクルでの運転制限／緩和処理 L R P 1（図 3）から出る。

ここで、図 1 0 を参照して、ステップ S 6 6 の緩和許否判定処理を更に説明する。

図 10 に示すように、本変更例の制御フローはステップ S 4（基本的な緩和許否判定処理）からステップ S 80（圧力変化演算処理）へ進む。

5 ステップ S 80 では、図 11 に示すフローに従って、現サイクルで取得した吐出空気圧 P_2 （経過サイクル数 $n = 0$ ）及び前サイクル以前に取得した吐出空気圧 P_2 （経過サイクル数 $n \geq 1$ ）を含む吐出空気圧 P_2 のデータの全集合 $\{P_2 (0 \leq n)\}$ の中から、適宜な 2 つの P_2 データを含む所定サイズの部分集合 $\{P_2 (0 \leq n \leq N : N \text{ は所定の自然数})\}$ 、を選択し、その集合要素間の圧力変化 DP_2 を演算する処理が
10 実行される。制御フローはステップ S 80 からステップ S 82（緩和許否判断）へ進む。

ステップ S 82 では、上記部分集合 $\{P_2 (0 \leq n \leq N)\}$ の要素の
大小比較に基づく論理演算により、前記圧力変化 DP_2 が吐出空気圧 P_2 の上昇側での変化か否かを判断する。上昇側での変化であれば、制御
15 フロー（YES）がステップ S 82 からステップ S 84 へ進む。そうでなければ、制御フロー（NO）がステップ S 82 からステップ S 86 へ進む。

なお、ステップ S 80 における圧力変化 DP_2 の演算を、上記部分集合 $\{P_2 (0 \leq n \leq N)\}$ の要素の代数的差分又は数値微分として行い、
20 その符号（正又は負）からステップ S 82 の判断を行うようにしても良い。

ステップ S 84 では、フラグ FB の値を 1（許可）に設定する。制御フローはステップ S 84 からステップ S 68（図 9）へ進む。

ステップ S 86 では、フラグ FB の値を 0（拒否）に設定する。制
25 御フローはステップ S 86 からステップ S 68（図 9）へ進む。

ここで、図 1 1 を参照して、ステップ S 8 0 の圧力変化 (DP_2) 演算処理を更に説明する。

図 1 1 に示すように、本変更例の制御フローはステップ S 4 (基本的な緩和許否判定処理) からステップ S 9 1 (データ取得) へ進む。

- 5 ステップ S 9 1 では、図 1 のセンサー 3 1 により現サイクルで検出した吐出空気圧 P_2 ($n=0$) を取得する。制御フローはステップ S 9 1 からステップ S 9 2 (データ選択) へ進む。

- ステップ S 9 2 では、それまでに取得され (従ってメモリ中に保存され) た吐出空気圧 P_2 のデータの全集合 $\{P_2 (0 \leq n)\}$ の中から、
 10 適宜な 2 つの P_2 データ {本変更例では $P_2 (n=0)$ 及び $P_2 (n=1)$ } を含む $N+1$ 個のデータからなる部分集合 $\{P_2 (0 \leq n \leq N : \text{本変更例では } N=2)\}$ 、つまり $P_2 (n=0)$ 、 $P_2 (n=1)$ 、及び $P_2 (n=2)$ }、を選択し、その集合要素間の圧力変化 DP_2 を次の要領で計算する。

- 15 $P_2 (n=0) - P_2 (n=1) \geq 0$ の場合は、

$$DP_2 = P_2 (n=0) - P_2 (n=1)$$

一方、 $P_2 (n=0) - P_2 (n=1) < 0$ の場合には、

$$P_2 (n=0) - P_2 (n=2) \geq 0 \text{ なら、}$$

$$DP_2 = \{P_2 (n=0) - P_2 (n=2)\} / 2。$$

- 20 $P_2 (n=0) - P_2 (n=2) < 0$ なら、

$$DP_2 = 0。$$

なお、前記部分集合 $\{P_2 (0 \leq n \leq N)\}$ のサイズ $N=1$ とし、圧力変化 DP_2 を

$$DP_2 = |P_2 (n=0) - P_2 (n=1)|$$

- 25 としても良い。

上記圧力変化 DP_2 は、吐出空気圧力 P_2 のタイムスロット当たりの変化率を示す。

そして、制御フローはステップS 9 3からステップS 9 4（緩和許否判断）へ進む。

5 ステップS 9 4では、圧力変化 DP_2 が所定の閾値 Th_3 未満か否か判断する。圧力変化 DP_2 が閾値 Th_3 未満（即ち、 $DP_2 < Th_3$ ）であれば、制御フロー（YES）がステップS 9 4からステップS 9 5へ進む。そうでなければ（つまり、 $DP_2 \geq Th_3$ なら）、制御フロー（NO）がステップS 9 4からステップS 9 6へ進む。

10 ステップS 9 5では、フラグFCの値を1（許可）に設定する。制御フローはステップS 9 5からステップS 8 2（図10）へ進む。

ステップS 9 6では、フラグFCの値を0（拒否）に設定する。制御フローはステップS 9 6からステップS 8 2（図10）へ進む。

本変更例によれば、吐出空気圧力 P_2 が所定の変化率（ Th_3 ）以上
15 （ $FC = 0$ ）で上昇（ $FB = 1$ ）すると、 $FB \cap FC = 0$ となって、運転制限の緩和が拒否（ $FA \cap FB \cap FC = FA \cap (FB \cap FC) = 0$ ）されるので、吐出空気温度 T_2 を上限値 L_t 以下に維持してスタック3の運転を行うことが容易となる。

20 〔第1の実施の形態の第3の変更例〕

次に、図12-14を参照して、第1の実施の形態の第3の変更例を説明する。

この変更例は、スタック3の運転制限の緩和に空気圧縮機7の吸入空気の温度変化に応じた制限を加えるもので、図3のステップS 4（基本的な緩和許否判定処理）の後のステップS 5（許否判断）を、図12
25

に示すステップS 1 0 6（補助的な緩和許否判定処理）とステップS 1 0 8（許否判断）との組合せに置き換えた点で、第1の実施の形態と異なる。図1 3 - 1 4は、図1 2のステップS 1 0 6の処理内容を示すフローチャートである。

- 5 図1 2に示すように、第3の変更例の制御フローはステップS 4（基本的な緩和許否判定処理）からステップS 1 0 6（補助的な緩和許否判定処理）へ進む。

10 ステップS 1 0 6では、図1 3 - 1 4のフローに従って補助的な緩和許否判定処理を実行し、図1 3に示す判定フラグFD {FD=1（許可）又はFD=0（拒否）}と、図1 4に示す判定フラグFE {FE=1（許可）又はFE=0（拒否）}との値を設定する。制御フローはステップS 1 0 6からステップS 1 0 8へ進む。

15 ステップS 1 0 8では、フラグFA（図5）とフラグFDとフラグFEとのAND（論理積： $FA \cap FD \cap FE$ ）が1か否かを判断する。この論理積が1であれば、制御フロー（YES）がステップS 1 0 8からステップS 6（図3の緩和処理）へ進む。

上記論理積が1でなければ（つまり、 $FA \cap FD \cap FE = 0$ なら）、制御フロー（NO）がステップS 1 0 8からステップS 7（図3）へ進み、現サイクルでの運転制限／緩和処理LRP 1（図3）から出る。

- 20 ここで、図1 3を参照して、ステップS 1 0 6の緩和許否判定処理を更に説明する。

図1 3に示すように、本変更例の制御フローはステップS 4（基本的な緩和許否判定処理）からステップS 1 1 0（温度変化演算処理）へ進む。

- 25 ステップS 1 1 0では、図1 4に示すフローに従って、現サイクル

のステップS 1（図3）で取得した吸入空気温度 T_1 （経過サイクル数 $m=0$ ）及び前サイクル以前に取得した吸入空気温度 T_1 （経過サイクル数 $m \geq 1$ ）を含む吸入空気温度 T_1 のデータの全集合 $\{T_1 (0 \leq m)\}$ の中から、適宜な2つの T_1 データを含む所定サイズの部分集合
5 $\{T_1 (0 \leq m \leq M : M \text{は所定の自然数})\}$ 、を選択し、その集合要素間の温度変化 DT_1 を演算する処理が実行される。制御フローはステップS 1 1 0からステップS 1 1 2（緩和許否判断）へ進む。

ステップS 1 1 2では、上記部分集合 $\{T_1 (0 \leq m \leq M)\}$ の要素の大小比較に基づく論理演算により、前記温度変化 DT_1 が吸入空気温度
10 T_1 の下降側での変化か否かを判断する。下降側での変化であれば、制御フロー（YES）がステップS 1 1 2からステップS 1 1 4へ進む。そうでなければ、制御フロー（NO）がステップS 1 1 2からステップS 1 1 6へ進む。

なお、ステップS 1 1 0における温度変化 DT_1 の演算を、上記部分
15 集合 $\{T_1 (0 \leq m \leq M)\}$ の要素の代数的差分又は数値微分として行い、その符号（正又は負）からステップS 1 1 2の判断を行うようにしても良い。

ステップS 1 1 4では、フラグFDの値を1（許可）に設定する。制御フローはステップS 1 1 4からステップS 1 0 8（図1 2）へ進む。

20 ステップS 1 1 6では、フラグFDの値を0（拒否）に設定する。制御フローはステップS 1 1 6からステップS 1 0 8（図1 2）へ進む。

ここで、図1 4を参照して、ステップS 1 1 0の温度変化（ DT_1 ）演算処理を更に説明する。

図1 4に示すように、本変更例の制御フローはステップS 4（基本的な緩和許否判定処理）からステップS 1 2 2（データ選択）へ進む。
25

ステップS 1 2 2では、それまでに取得され（従ってメモリ中に保存され）た吸入空気温度 T_1 のデータの全集合 $\{T_1(0 \leq m)\}$ の中から、適宜な2つの T_1 データ{本変更例では $T_1(m=0)$ 及び $T_1(m=1)$ }を含む $M+1$ 個のデータからなる部分集合 $\{T_1(0 \leq m \leq M)$: 本変更例では $M=2$)、つまり $T_1(m=0)$ 、 $T_1(m=1)$ 、及び $T_1(m=2)$ }、を選択する。制御フローはステップS 1 2 2からステップS 1 2 3（ DT_1 計算）へ進む。

ステップS 1 2 3では、上記部分集合 $\{T_1(m=0)$ 、 $T_1(m=1)$ 、 $T_1(m=2)\}$ の要素間の温度変化 DT_1 を次の要領で計算する。

$T_1(m=0) - T_1(m=1) \leq 0$ の場合は、

$$DT_1 = T_1(m=1) - T_1(m=0)$$

一方、 $T_1(m=0) - T_1(m=1) > 0$ の場合には、

$T_1(m=0) - T_1(m=2) \leq 0$ なら、

$$DT_1 = \{T_1(m=2) - T_1(m=0)\} / 2。$$

$T_1(m=0) - T_1(m=2) > 0$ なら、

$$DT_1 = 0。$$

なお、前記部分集合 $\{T_1(0 \leq m \leq M)\}$ のサイズ $M=1$ とし、温度変化 DT_1 を

$$DT_1 = |T_1(m=0) - T_1(m=1)|$$

としても良い。

上記温度変化 DT_1 は、吸入空気温度 T_1 のタイムスロット当たりの変化率を示す。

そして、制御フローはステップS 1 2 3からステップS 1 2 4（緩和許否判断）へ進む。

- ステップ S 1 2 4 では、温度変化 DT_1 が所定の閾値 Th_4 を越える
 か否か判断する。温度変化 DT_1 が閾値 Th_4 を越える（即ち、 $DT_1 > Th_4$ ）
 であれば、制御フロー（YES）がステップ S 1 2 4 からステ
 ップ S 1 2 5 へ進む。そうでなければ（つまり、 $DT_1 \leq Th_4$ なら）、
- 5 制御フロー（NO）がステップ S 1 2 4 からステップ S 1 2 6 へ進む。

ステップ S 1 2 5 では、フラグ FE の値を 1（許可）に設定する。
 制御フローはステップ S 1 2 5 からステップ S 1 1 2（図 1 3）へ進む。

ステップ S 1 2 6 では、フラグ FE の値を 0（拒否）に設定する。
 制御フローはステップ S 1 2 6 からステップ S 1 1 2（図 1 3）へ進む。

- 10 本変更例によれば、吸入空気温度 T_1 が所定の変化率（ Th_4 ）以下
 （ $FE = 0$ ）で下降（ $FD = 1$ ）すると、 $FD \cap FE = 0$ となって、運
 転制限の緩和が拒否 $\{FA \cap FD \cap FE = FA \cap (FD \cap FE) = 0\}$
 されるので、吐出空気温度 T_2 を上限値 Lt 以下に維持してスタック 3
 を運転することが容易となる。

15

〔第 1 の実施の形態の第 4 の変更例〕

次に、図 1 5 を参照して、第 1 の実施の形態の第 4 の変更例を説明す
 る。

- この変更例は、第 3 の変更例における運転制限の緩和期間を酸化剤
 20 供給系 OS の昇温慣性に応じて延長するもので、図 1 5 に示すように、
 空気温度（ T_1 ）の変化に基づく緩和拒否時（NO）の制御フロー（図
 1 4）に、（温度制限による）拒否開始からの経過時間 te が所定の閾
 値（ Th_5 ）未満であるか判断するステップ S 1 3 0 を設け、閾値未満
 （ $te < Th_5$ ）の間は緩和許可（YES）側にフローを戻すようにし
 25 た点で、第 3 の変更例と異なる。

上記経過時間 t_e は、吐出空気温度 T_2 がその上限値 L_t を上回って ($T_2 > L_t$) いる時間と見なせるにもかかわらず、その時間 t_e が閾値 (Th_5) に達するまではフローが緩和許可 (YES) 側に戻るので、以下、この時間 t_e を緩和許可の延長時間と呼ぶ。

5 図 15 に示すように、本変更例の制御フローは、ステップ S 1 2 3 で DT_1 計算を実行した後、ステップ S 1 2 4 へ進んで緩和の許否を判断し、判断の結果が緩和許可 (YES) であれば、ステップ S 1 2 4 からステップ S 1 2 5 へ進み、許可フラグ FE を 1 に設定して、次のステップ S 1 1 2 (図 1 3) へ進む。

10 ステップ S 1 2 4 での判断の結果が緩和拒否 (NO) であれば、ステップ S 1 3 0 へ進み、上記延長時間 t_e が閾値 (Th_5) 未満であるか否か判断する。

延長時間 t_e が閾値未満 ($t_e < Th_5$) であれば、制御フロー (YES) がステップ S 1 3 0 からステップ S 1 2 5 ($FE = 1$) へ進む。

15 延長時間 t_e が閾値以上 ($t_e \geq Th_5$) になると、制御フロー (NO) がステップ S 1 3 0 からステップ S 1 2 6 へ進み、許可フラグ FE を 0 に設定する。制御フローはステップ S 1 2 6 からステップ S 1 1 2 (図 1 3) へ進む。

20 なお、上記閾値 (Th_5) は、酸化剤供給系 OS を構成する空気圧縮機 7 以降の流体回路要素及び関連部材について、その熱伝達率及び熱容量に基づく昇温速度を計算し、最も耐熱温度が低い要素又は部材の温度を考慮して設定するが、実験的に定めても良い。

本変更例によれば、コントローラ 4 3 は、運転制限の緩和に伴い、空気圧縮機 7 の吐出空気温度 T_2 が上限値 L_t を上回っても、酸化剤供給
25 系 OS を構成する空気圧縮機 7 以降の流体回路素子及び関連部材のいず

れかがその耐熱温度まで昇温しない限り、運転制限の緩和を許可するように動作する。

この点、吐出空気温度 T_2 の上限値 L_t は、酸化剤供給系 OS の流体回路要素の温度性能 T_c (図 1) に基づき設定される。

- 5 従って、酸化剤供給系 OS を構成する空気圧縮機 7, 加湿器 5, 及びスタック 3 を含む機材各一の耐熱温度を比較し、最も耐熱温度が低い機材 (例えば、ユニットセル) を基準として全機材一律に上限値 L_t が設定されるので、空気圧縮機 7 の吐出空気温度 T_2 がこの上限値 L_t を越えても、それにより流路の温度が上がって、基準となる機材が耐熱温度に達するまでにはそれなりの時間がかかる。本変更例は、この時間を見込んで過度状態での運転制限を緩和しているので、それによりいずれかの機材の性能が劣化することはない。
- 10

〔第 1 の実施の形態の第 5 の変更例〕

- 15 次に、図 16 を参照して、第 1 の実施の形態の第 5 の変更例を説明する。

- この変更例は、第 1 の実施の形態における運転制限の緩和期間を酸化剤供給系 OS の昇温慣性に応じて延長するもので、図 16 に示すように、現サイクルにおける空気温度 (T_1) の変化及び以降のサイクルにおける変化の予測に基づく緩和拒否時 (NO) の制御フロー (図 5) に、
- 20 (温度制限による) 拒否開始からの経過時間 t_e が所定の閾値 (Th_6) 未満であるか判断するステップ $S140$ を設け、閾値未満 ($t_e < Th_6$) の間は緩和許可 (YES) 側にフローを戻すようにした点で、第 1 の実施の形態と異なる。

- 25 上記経過時間 t_e も緩和許可の延長時間に相当するので、以下、そ

う呼称する。

図16に示すように、本変更例の制御フローは、ステップS22で吸入空気温度 T_1 と外気温度 T_0 との温度差 DT が閾値 Th_1 を上回る否か判断し、上回る（YES）と判断すれば、ステップS24へ進んで吸入空気温度（ T_1 ）の変化予測処理を実行する。そして、ステップS26へ進んで吸入空気温度（ T_1 ）の低下を期待できるか否か判断し、低下期待可能（YES）と判断すれば、ステップS28へ進み、緩和許可フラグFAを1に設定して、次の緩和許可判断ステップS5（図2）へ進む。

- 10 ステップS22で温度差 DT が閾値 Th_1 を上回らない（NO）と判断した場合、又はステップS26で吸入空気温度（ T_1 ）の低下を期待できない（NO）と判断した場合は、制御フローがステップS140へ進み、上記延長時間 t_e が閾値（ Th_6 ）未満であるか否か判断する。

- 延長時間 t_e が閾値未満（ $t_e < Th_6$ ）であれば、制御フロー（YES）がステップS140からステップS28（FA=1）へ進む。

延長時間 t_e が閾値以上（ $t_e \geq Th_6$ ）になると、制御フロー（NO）がステップS140からステップS30へ進み、許可フラグFAを0に設定する。制御フローはステップS30からステップS5（図2）へ進む。

- 20 上記閾値（ Th_6 ）も、酸化剤供給系OSを構成する空気圧縮機7以降の流体回路要素及び関連部材について、その熱伝達率及び熱容量に基づく昇温速度を計算し、最も耐熱温度が低い要素又は部材の温度を考慮して設定するが、実験的に定めても良い。

- 本変更例によれば、コントローラ43は、運転制限の緩和に伴い、空気圧縮機7の吐出空気温度 T_2 が上限値 Lt を上回っても、酸化剤供給

系OSを構成する空気圧縮機7以降の流体回路素子及び関連部材のいずれかがその耐熱温度まで昇温しない限り、運転制限を緩和して、スタック3から取出す電力EP（又は電流）の増加を許容するように動作する。

- 本変更例によれば、過渡状態における運転制限の緩和を、上限値 L_p
- 5 以下の吐出空気圧 P_2 に対し所定の時間定格を限度として継続するようにしているのもので、その間、吐出空気温度 T_2 を上限値 L_t 以下に抑えた状態で、スタック3の出力電力EP（又は電流）を増加させることができ、過剰な運転制限を回避できる。

10 〔第2の実施の形態〕

次に、図17を参照して、本発明の第2の実施の形態を説明する。図17は第2の実施の形態に係る運転制限／緩和処理LRP2を示す制御フローチャートである。

- この実施の形態は、図3のステップS3（運転制限処理）を図17
- 15 のステップS203に変更し、図3のステップS6（制限緩和処理）を図17のステップS206及びS208に変更した点で、第1の実施の形態と異なる。

- 図17に示すように、第2の実施の形態の制御フローは、ステップS0（図3）からステップS1へ進んで吸入空気温度 T_1 を取得し、更に
- 20 にステップS2へ進んで大気圧 P_0 を取得した後、ステップS203（ L_p 設定処理）へ進む。

- ステップS203では、図4のステップS10同様に、現サイクルで取得した吸入空気温度 T_1 及び大気圧 P_0 に基づき、吐出空気温度 T_2 をその上限値 L_t 以下に維持すると推定される吐出空気圧力 P_2 の静的
- 25 な上限値 L_p を演算して設定する。

制御フローはステップS 2 0 3からステップS 4（基本的な緩和許
否判定処理）へ進み、ここで図5に示す緩和許否判定処理を行って、運
転制限の緩和が可能でありそれを許可すべきか或いは不可能であり拒否
すべきかを判定し、緩和許可フラグF Aの値（1＝許可、0＝拒否）を
5 設定する。

制御フローはステップS 4からステップS 5へ進み、ここで緩和許
可フラグF Aの値が1か0かを判断する。F A＝1であれば、制御フロ
ー（YES）がステップS 5からステップS 2 0 6（L_p緩和処理）へ
進み、F A＝0であれば、制御フロー（NO）がステップS 5からステ
10 ュップS 2 0 8（制限実行）へ進む。

ステップS 2 0 6では、図3のステップS 6におけると同様に、ス
テップS 2 0 3で設定した吐出空気圧P₂の静的な上限値L_pを現在の
過度状態に対応した動的な上限値L_pに補正することにより、L_pの値
を緩和（即ち、大きく）する。制御フローはステップS 2 0 6からステ
15 ュップS 2 0 8へ進む。

ステップS 2 0 8では、現在の上限値L_p（つまり、F A＝0〔緩
和拒否〕なら静的L_p、F A＝1〔緩和許可〕なら動的L_p）に従い、
P₂ ≤ L_pとなるようにスタック3の運転制限を行う。制御フローはス
テップS 2 0 8からステップS 7（図3）へ進む。

20 本実施の形態によれば、図4（第1の実施の形態）のステップS 1
2における運転制限の実行（P₂ ≤ L_p）が省略され、従って「現在従
うべき上限値L_pの確認」が不要になる。

本実施の形態と第1の実施の形態の変更例とを適宜組み合わせるこ
とは差し支えない。

〔第 3 の実施の形態〕

次に、図 18 を参照して、本発明の第 3 の実施の形態に係る燃料電池システム 301 の構成を説明する。図 18 は燃料電池システム 301 のブロック図である。第 1 の実施の形態（図 1）と同じ要素又は機能は同じ参照番号で表し、理解を容易にする。

燃料電池システム 301 は、このシステム 301 が搭載された燃料電池車両 V の駆動ユニット 19 及びその他の電気負荷へ供給される電力 EP を発電する燃料電池スタック 3 と、このスタック 3 の運転に必要な流体（即ちユーティリティ）を供給する流体供給系 FLS と、スタック 3 及び流体供給系 FLS の運転（操作／動作）状態並びに車両 V の運転（操作／動作）状態に関する情報を収集する情報システム DS3 と、この情報システム DS3 から得た情報に基づき流体供給系 FLS を制御することによりスタック 3 の発電を制御する制御システム CS3 とを備える。

情報システム DS3 は、スタック 3 の運転状態に関する情報を収集するスタック情報収集系 DS31 と、流体供給系 FLS の運転状態に関する情報を収集する流体供給情報収集系 DS32 とを含み、更に、車両 V の運転情報 IS を制御システム CS3 のコントローラ 343 にインターフェースするインフォメーションプロバイダ IP を備える。

インフォメーションプロバイダ IP でインターフェースされる運転情報 IS は、例えば、車両 V のアクセルペダル 50 の操作量（開度）AO を検出するペダルセンサ 51 の検出データ、車両 V の車速 Vs を検出する車速センサー 60 の検出データ、及び車両 V の駆動ユニット 19 を成すメインモータ 19a の動作に関する情報 DC を含む。

従って、運転情報 IS には、例えば、アクセル開度 AO、車速 Vs、

- 及びモータ動作情報 D C が含まれ、このモータ動作情報 D C には、燃料電池スタック 3 から駆動ユニット 19 のメインモータ 19 a へ入力され（消費され）る電力 E P 1 に関する情報、メインモータ 19 a の毎分回転数 K T に関する情報、及びメインモータ 19 a から車両 V のパワトレインへ出力される駆動トルク T Q に関する情報が含まれる。

スタック 3 から車両 V のメインモータ 19 a 以外の電気負荷（例えば、ヒータを含む乗員室又は貨物室空調装置等）に供給され（消費され）る電力 E P 2 に関する情報を、運転情報 I S に含めても良い。

- スタック情報収集系 D S 3 1 は、スタック 3 の動作状態 W C を検出するスタック検出系 S D（図 1 の D S 1）を含み、この検出系 S D は、スタック 3 のユニットセルの電圧、スタック 3 の動作温度を推定するデータとなる冷媒循環系の冷媒温度、及びスタック 3 の出力電力 E P を算定するデータとなるスタック出力電流を検出する。

- 流体供給情報収集系 D S 3 2 は、流体供給系 F L S の運転状態を検出する流体状態検出系（図 1 の D S 2）を含む。

制御システム C S 3 のコントローラ 3 4 3 は次の 3 つの制御部を含む。

1. 第 1 の制御部 3 4 5

- この制御部は、流体供給系 F L S の静的な（つまり通常の）運転状態に関する情報に基づきスタック 3 の運転を制限するパラメータ L p の値を設定し、その制限値 L p に従いスタック 3 の運転を制限する。これは、第 1 の実施の形態（図 1）において運転制限部 4 5 と上限設定部 4 7 の静的制限値（L p）設定機能部分とを組み合わせたものに相当する。

2. 第 2 の制御部 3 4 7

- この制御部は、第 1 の制御部 3 4 5 で設定された制限値 L p を流体供給系 F L S の動的な（つまり過度的な）運転状態に関する情報に基づ

き補正する処理（以下、「第１の補正」と呼ぶ。）を行うことにより、
（第１の制御部３４５による）スタック３の運転制限を緩和する。これは、第１の実施の形態（図１）における上限設定部４７の動的制限値（ L_p ）設定機能部分に相当する。

5 ３．第３の制御部３４９

この制御部は、第２の制御部３４７で第１の補正がなされた制限値 L_p を車両Ｖの運転状態に関する情報に基づき補正する処理（以下、「第２の補正」と呼ぶ。）を行うことにより、（第１の制御部３４５による）スタック３の運転制限の緩和を補完する。

10 なお、本実施の形態では、スタック３の運転を制限するパラメータとして、空気圧縮機７の吐出空気圧 P_2 に許容される変動の範囲 R_p の（所与条件下での）上限値 L_p を用いるが、これと変換可能な他のパラメータ、例えば、吐出空気温度上限値 L_t 又は発電電力上限値 L_g に置き換えても良い。

15 ここで、図１９～図２１を参照し、燃料電池車両Ｖと燃料電池システム３０１との特殊な関係を説明する。

理解を容易にするため、駆動モータ１９ａの入力電流に対応して消費される電力 E_1 をスタック３の出力電力 E_P とみなす（つまり、 $E_P \div 0$ ）。従って、スタック３は、モータ１９ａの駆動電流に対応した
20 大きさの電力 E_P を出力することが要求される。

図１９は、車両Ｖの駆動モータ１９ａの回転数 K_T と出力トルク T_Q との関係（実線）、及び回転数 K_T と電力 E_P との関係（破線）を示している。

モータ１９ａのトルク T_Q は、低速回転時に比較的安定して大きく、
25 回転数 K_T の上昇に伴い漸減して、限界速度に至り出力不能となる。ス

タック 3 に要求される電力 E_P は、回転数 K_T が初速から上昇するに連れて増大し、中速域から高速域にかけて安定し、限界速度近くで急減する。

図 20 は、車両 V の低速域でアクセルペダル 50 を踏込んだ際に生じるアクセル開度 A_O の時間変化と、それに対応してメインモータ 19 a が要求する電力 E_P 、並びに、空気圧縮機 7 の吐出空気の圧力 P_2 及び温度 T_2 の時間変化とを示す。一方、図 21 は、車両 V の中一高速域でアクセルペダル 50 を踏込んだ際に生じるにアクセル開度 A_O の時間変化と、それに対応してメインモータ 19 a が要求する電力 E_P 、並びに、空気圧縮機 7 の吐出空気の圧力 P_2 及び温度 T_2 の時間変化とを示す。

図 20 及び図 21 に示されるように、アクセル開度 A_O は、踏込速度に対応した踏込時間 t_f で最大となり、その状態を維持する。

メインモータ 19 a がスタック 3 に要求する出力電力 E_P は、その立上げが、車両 V の中一高速域（図 21）では緩勾配になり、低速域（図 20）では急勾配になる。これに合わせ、吐出空気の圧力 P_2 及び温度 T_2 も、車両 V の中一高速域（図 21）では比較的なだらかに立上がるが、低速域（図 20）ではオーバーシュートして立上がる。

本実施の形態は、前記第 1 の制御部 345 によるスタック 3 の運転の制限を、前記第 2 の制御部 347 の「第 1 の補正」により緩和し、更に、この制限の緩和を、上記オーバーシュートの発生条件及び度合を考慮した前記第 3 の制御部 349 の「第 2 の補正」により補完して、オーバーシュートによる制限緩和の減殺分を補償する。

「第 1 の補正」による制限の緩和は、そのための補正係数（以下、「第 1 の補正係数」と呼ぶ。） k_0 を運転の制限のためのパラメータ L

p に乗じて行い、「第 2 の補正」による緩和の補完は、そのための補正係数（以下、「第 2 の補正係数」と呼ぶ。） k_x を緩和された制限値 L_p に乗じて行う。

第 1 及び第 2 の補正係数 k_0 及び k_x は、それぞれ、乗算単位（＝
5 1）に等しい基数部と、条件により変動する小数部との和として次のように表される：

$$k_0 = 1 \text{ (基数部)} + x_1 \text{ (小数部)},$$

$$k_x = 1 \text{ (基数部)} + x_2 \text{ (小数部)}.$$

ここで、図 2 2 を参照し、第 1 の補正係数 k_0 と、第 2 の補正係数
10 k_x とを説明する。

図 2 2 は、車両 V のメインモータ 1 9 a の回転数 K_T とメインモータ 1 9 a が要求する電力 E_P との関係（破線）と、回転数 K_T と第 1 の補正係数 k_0 との関係（点線）と、回転数 K_T と第 2 の補正係数 k_x との関係（実線）とを示す。なお、この図 2 2 では、比較の便宜上、第 1
15 の補正係数 k_0 の大きさを、第 2 の補正係数 k_x の基数部に合わせ、縮尺して示す。

第 1 の補正係数 k_0 は、燃料電池システム 3 0 1（より詳細には、流体供給系 F L S）の運転状態を表す情報収集系 D S 3 2 からの情報に依存した値を取るが、図 2 2 に示されるように、車両 V のメインモータ
20 1 9 a の回転数 K_T には依存しない。つまり、

$$k_0 = 1 + x_1 \text{ (D S 3 2 からの情報に依存した少数値)}.$$

なお、この小数部 x_1 が零値の場合にも、補正係数 k_0 は意味がある。つまり、流体供給系 F L S の温度性能は決まっているので、小数部 x_1 が小さいほど、第 2 の補正係数 k_x の自由度が増して、緩和の補完
25 をより効果的に行え、 $x_1 = 0$ は最も効果的な補完を許容する。

一方、第2の補正係数 k_x は、燃料電池システム301（より詳細には、流体供給系FLS）の運転状態には依存しないが、図22に示されるように、車両Vの運転状態を表すインフォメーションプロバイダIPからの情報（この場合、メインモータ19aの回転数KT）に依存した値を取る。つまり、

$$k_x = 1 + x_2 \text{（IPからの情報に依存した少数値）}。$$

この補正係数 k_x も、その小数部 x_2 が零値の場合に、意味を持つ。つまり、小数部 x_2 が小さいほど、第1の補正係数 k_0 の自由度が増して、制限の緩和をより効果的に行え、 $x_2 = 0$ は最も効果的な緩和を許容する。

本実施の態様では、図22から明らかなように、第2の補正係数 k_x の小数部（ x_2 ）が、車両Vの低速域では所定の正值となり、低速域から中速域への過渡領域で単調減少し、中～高速域で零値となる。

次に、図23を参照して、コントローラ343の制御フローを説明する。図23は第3の実施の形態に係る運転制限／緩和処理LRP3を示す制御フローチャートである。

図23に示すように、第3の実施の形態の制御フローは、ステップS0（図3）からステップS1へ進んで吸入空気温度 T_1 を取得し、更にステップS2へ進んで大気圧 P_0 を取得して、ステップS203（図17のLp設定処理）へ進み、ここで、吸入空気温度 T_1 及び大気圧 P_0 に基づき、吐出空気温度 T_2 をその上限値 L_t 以下に維持すると推定される吐出空気圧力 P_2 の静的な上限値 L_p を演算して設定した後、ステップS304（基本的な緩和許否判定処理）へ進む。

ステップS304では、図5に示す緩和許否判定処理を行って、運転制限の緩和が可能でありそれを許可すべきか或いは不可能であり拒否

すべきかを判定し、緩和許可フラグFAの値（1＝許可、0＝拒否）を設定する。

制御フローはステップS304からステップS5（緩和拒否判断）へ進み、ここで緩和許可フラグFAの値が1か0かを判断する。FA=1であれば、制御フロー（YES）がステップS5からステップS306（第1の補正処理）へ進み、FA=0であれば、制御フロー（NO）がステップS5からステップS208（図17の制限実行）へ進む。

ステップS306では、ステップS203で設定した吐出空気圧 P_2 の静的な上限値 L_p を、これに（図3のステップS6におけると同様）流体供給系FLSの現在の運転状態に対応した第1の補正係数 k_0 を乗じることにより、動的な上限値 L_p に補正する。これにより、 L_p の値が緩和される（即ち、大きくなる）。制御フローはステップS306からステップS309（第2の補正処理）へ進む。

ステップS309では、ステップS306で制限を緩和した吐出空気圧 P_2 の上限値 L_p を、これに車両Vの現在の運転状態に対応した第2の補正係数 k_x を乗じることにより、更に補正する。これにより、運転制限の緩和が補完される（即ち、車両Vの運転状態に応じて制限値 L_p が更に大きくなる）。制御フローはステップS309からステップS208（図17の制限実行）へ進む。

ステップS208では、現在の上限値 L_p （つまり、FA=0〔緩和拒否〕なら静的 L_p 、FA=1〔緩和許可〕なら補完された動的 L_p ）に従い、 $P_2 \leq L_p$ となるようにスタック3の運転制限を行う。制御フローはステップS208からステップS7（図3）へ進む。

本実施の形態によれば、車両Vの発進又は低速走行時にアクセルペダル50を踏み、空気圧縮機7の吸入空気温度 T_1 が低下して、第1の

制御部 3 4 5 による運転の制限を緩和することが許可され、第 2 の制御部 3 4 7 が制限値 L_p を緩和する際、その緩和を第 3 の制御部 3 4 9 が更に補完して、オーバーシュートによる制限緩和の減殺分を補償するので、制限の緩和をより効果的に遂行できる。

- 5 本実施の形態と第 1 又は第 2 の実施の形態若しくはその変更例とを適宜組み合わせることは差し支えない。

ここで、日本特願 2 0 0 3 - 1 1 2 9 5 6 号を参照することにより、その内容を本明細書に組込む。

- 10 以上、本発明の最適な実施の形態を説明したが、この説明は例示的なものであり、当業者であれば、本発明の請求の範囲又は精神を逸脱することなく、実施の態様を変更可能なことをここに記す。

産業上の利用可能性

- 15 本発明に係る燃料電池システムによれば、大気圧と空気圧縮機の吸入空気温度の検出値に基づき、空気圧縮機の吐出空気温度が上限値を超えないように、燃料電池スタックの運転を制限する一方、スタックの流体供給系又は車両の運転状態に応じて、スタックの運転制限を緩和し、状況に応じその緩和を補完しているので、スタックの過剰な運転制限を回避でき、スタックの出力性能を確保できる。

請 求 の 範 囲

1. 水素を含む燃料ガスと酸素を含む酸化ガスとの供給を受けて発電する燃料電池と、

5 前記燃料電池に空気を供給する空気供給部と、

前記空気供給部が吸入する空気の温度を検出する吸入空気温度検出部と、

大気圧を検出する大気圧検出部と、

前記燃料電池の運転を制御する制御装置とを備えた燃料電池システム

10 であって、

前記制御装置は、前記吸入空気温度検出部が検出した吸入空気温度と前記大気圧検出部が検出した大気圧とに基づいて、前記空気供給部が吐出する空気の温度が所定の上限值を超えないように前記燃料電池の運転を制限し、所定の状態においては前記運転の制限を緩和する運転制限部

15 を備える

燃料電池システム。

2. 前記制御装置は、前記吸入空気温度検出部が検出した吸入空気温度と前記大気圧検出部が検出した大気圧とに基づいて、前記空気供給部が吐出する空気の温度が所定の上限值を超えないように前記空気供給部の吐出圧力の上限值を設定する吐出圧力上限値設定部を備え、前記運転制限部は、前記吐出圧力の上限值を上回らないように前記空気供給部の吐出圧力を制御する請求項 1 に記載の燃料電池システム。

20

3. 前記制御装置は、前記吐出圧力上限値設定部より求められた吐出圧力上限値に基づいて、燃料電池から取出し可能な上限電力あるいは上

25

限電流を算出し、前記運転制限部はこの上限電力あるいは上限電流を上

回らないように発電を制御する請求項 2 に記載の燃料電池システム。

4. 前記空気供給部が吐出する空気の温度を検出する吐出空気温度検出部を備え、前記運転制限部は、前記吐出空気温度検出部が検出した吐出空気温度が所定値を上回らないように前記空気供給部を制御する請求項 1 に記載の燃料電池システム。

5. 外気温度を検出する外気温度検出部と、吸入空気温度の変化を予測する吸入空気温度変化予測部とを備え、前記吸入空気温度検出部が検出した吸入空気温度が外気温度に対し所定量以上高く、かつ前記吸入空気温度変化予測部が吸入空気温度の低下を予測したときに、過渡的に運転の制限を緩和する請求項 1 に記載の燃料電池システム。

6. 前記吸入空気温度変化予測部は、車両の停止または極低速の状態から発進または加速状態を検出する請求項 5 に記載の燃料電池システム。

7. 前記空気供給部の吐出空気圧力が、所定の変化率以上で上昇しているときに、運転制限の緩和を拒否する請求項 5 に記載の燃料電池システム。

8. 前記空気供給部の吸入空気温度が所定の経過時間で所定量以上低下しなかったときに、運転制限の緩和を拒否する請求項 5 に記載の燃料電池システム。

9. 前記吐出空気温度の上限値は、前記空気供給部または燃料電池または燃料電池に供給する空気を加湿する加湿器のうち、最も耐熱温度が低いものに基づいて設定された温度である請求項 1 に記載の燃料電池システム。

10. 前記運転制限の緩和は、前記空気圧縮機及びその下流の構成品の熱容量に基づき、前記構成品の温度が耐熱温度に上昇するまでの時間に対しなされる請求項 2 に記載の燃料電池システム。

1 1. 前記運転制限の緩和は、前記空気圧縮機及びその下流の構成品の熱容量に基づき、前記構成品の温度が耐熱温度に上昇するまでの時間に対しなされる請求項 4 に記載の燃料電池システム。

5 1 2. 前記運転制限の緩和は、制限された吐出空気圧力に対し時間定格として許される間、取出し電力あるいは電流を増加させる請求項 3 に記載の燃料電池システム。

1 3. 酸化剤を含むユーティリティを供給する供給系と、
前記供給系から供給されたユーティリティを用いて発電する燃料電池と、

10 前記供給系を制御して前記燃料電池を運転するコントローラとを備えてなり、

前記コントローラは、

前記酸化剤の供給条件を制限する第 1 の制御部と、

15 前記供給系の運転状況に応じて前記供給条件の制限を緩和する第 2 の制御部と
を有する
燃料電池システム。

20 1 4. 前記第 1 の制御部は前記供給条件を制限する制限値を有し、前記第 2 の制御部は前記制限値を補正することにより前記制限を緩和する請求項 1 3 に記載の燃料電池システム。

1 5. 前記燃料電池を主電源とする移動体を備え、前記コントローラは、前記移動体の運転状況に応じて前記制限の緩和を補完する第 3 の制御部を有する請求項 1 3 に記載の燃料電池システム。

25 1 6. 水素を含む燃料ガスと酸素を含む酸化ガスとの供給を受けて発電する燃料電池と、

前記燃料電池に空気を供給する空気供給手段と、

前記空気供給手段が吸入する空気の温度を検出する吸入空気温度検出手段と、

大気圧を検出する大気圧検出手段と、

5 前記燃料電池の運転を制御する制御装置とを備えた燃料電池システムであって、

前記制御装置は、前記吸入空気温度検出手段が検出した吸入空気温度と前記大気圧検出手段が検出した大気圧とに基づいて、前記空気供給手段が吐出する空気の温度が所定の上限値を超えないように前記燃料電池
10 の運転を制限し、所定の状態においては前記運転の制限を緩和する運転制限手段を備える

燃料電池システム。

17. 酸化剤を含むユーティリティを供給する供給系と、

前記供給系から供給されたユーティリティを用いて発電する燃料電池と、
15

前記供給系を制御して前記燃料電池を運転するコントローラとを備えてなり、

前記コントローラは、

前記酸化剤の供給条件を制限する第1の制御段手段と、

20 前記供給系の運転状況に応じて前記供給条件の制限を緩和する第2の制御手段と

を有する

燃料電池システム。

18. 水素を含む燃料ガスと酸素を含む酸化ガスとの供給を受けて発電する燃料電池と、前記燃料電池に空気を供給する空気供給部と、前記
25

空気供給部が吸入する空気の温度を検出する吸入空気温度検出部と、大気圧を検出する大気圧検出部と、前記燃料電池の運転を制御する制御装置とを備える燃料電池システムの制御方法であって、

- 5 前記吸入空気温度検出部が検出した吸入空気温度と前記大気圧検出部が検出した大気圧とに基づいて、前記空気供給部が吐出する空気の温度が所定の上限值を超えないように前記燃料電池の運転を制限し、所定の状態においては前記運転の制限を緩和する

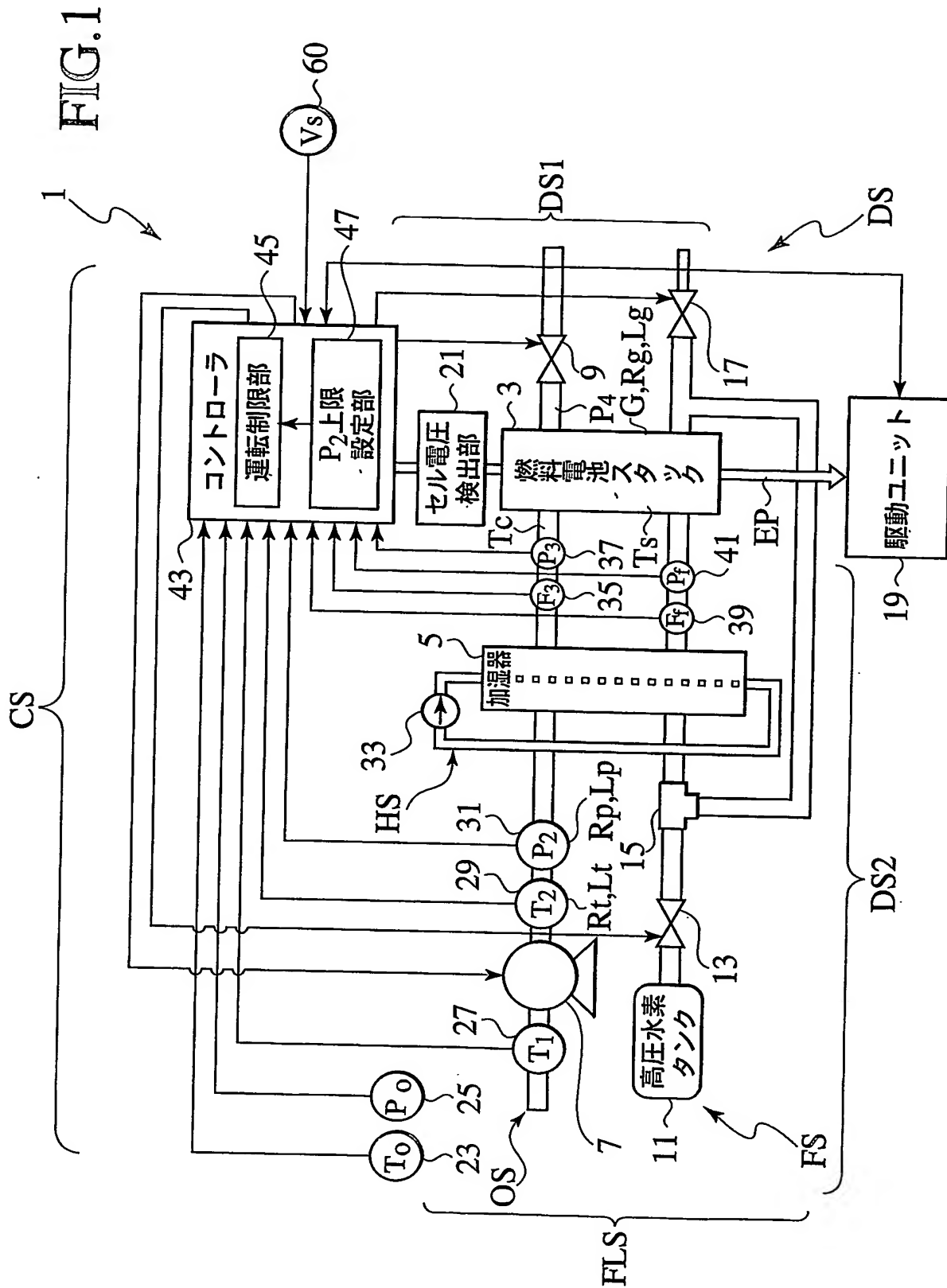
燃料電池システムの制御方法。

- 10 19. 酸化剤を含むユーティリティを供給する供給系と、前記供給系から供給されたユーティリティを用いて発電する燃料電池とを備え、前記供給系を制御して前記燃料電池を運転する燃料電池システムの制御方法であって、

前記酸化剤の供給条件を制限し、

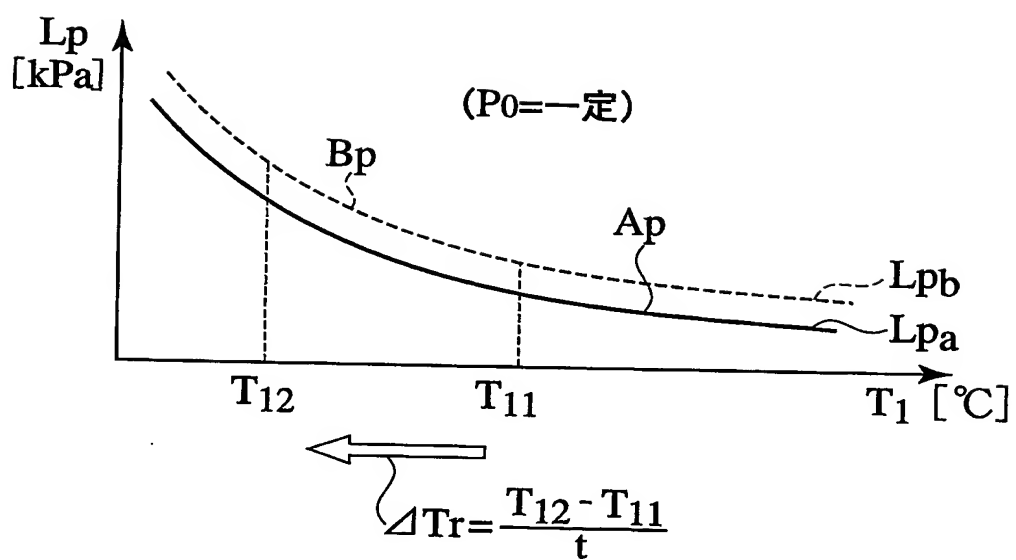
前記供給系の運転状況に応じて前記供給条件の制限を緩和する

- 15 燃料電池システムの制御方法。



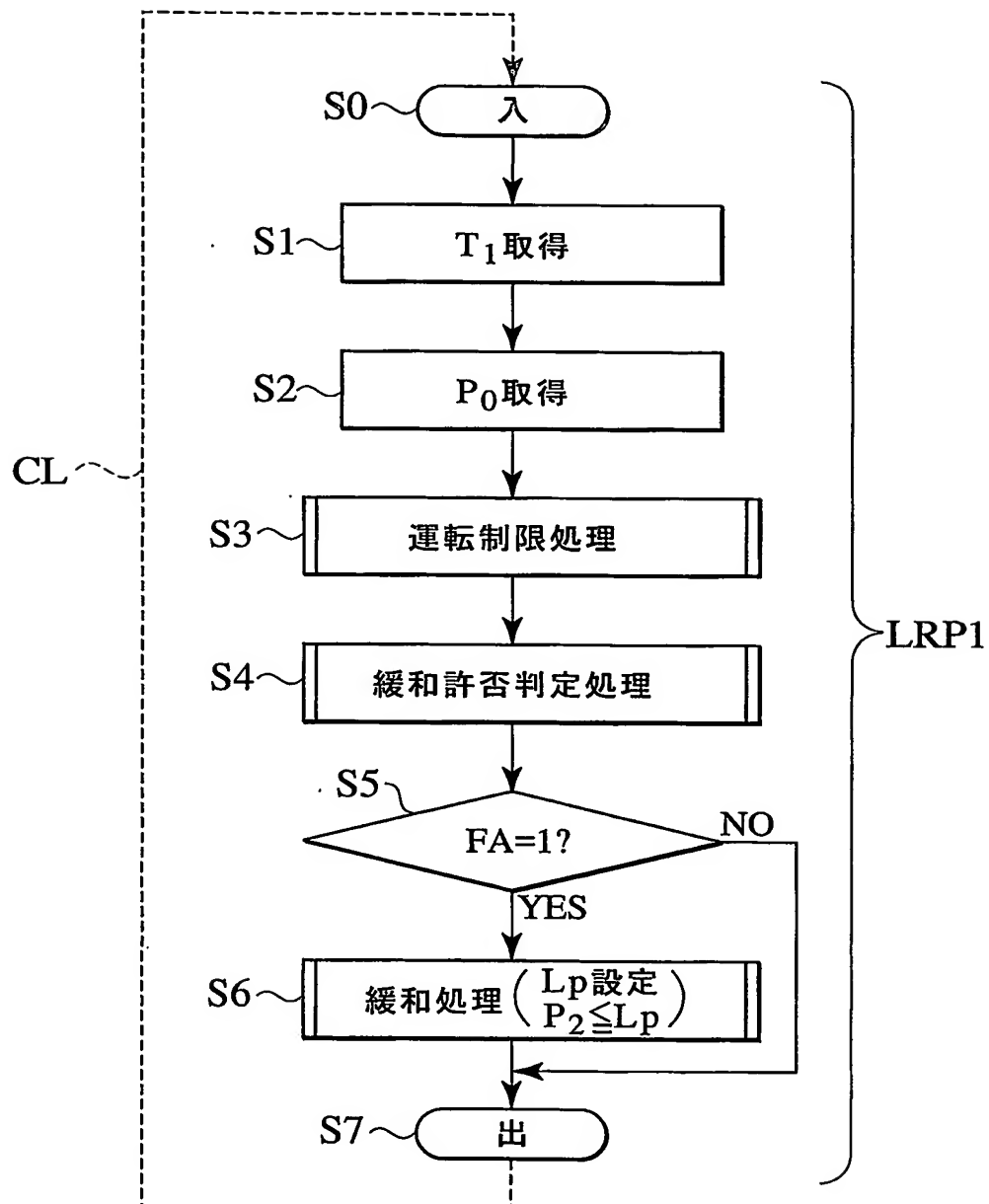
2/23

FIG.2



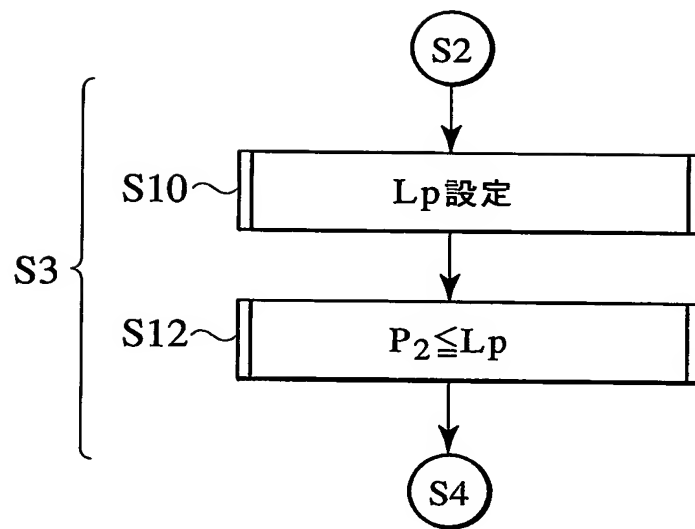
3/23

FIG.3



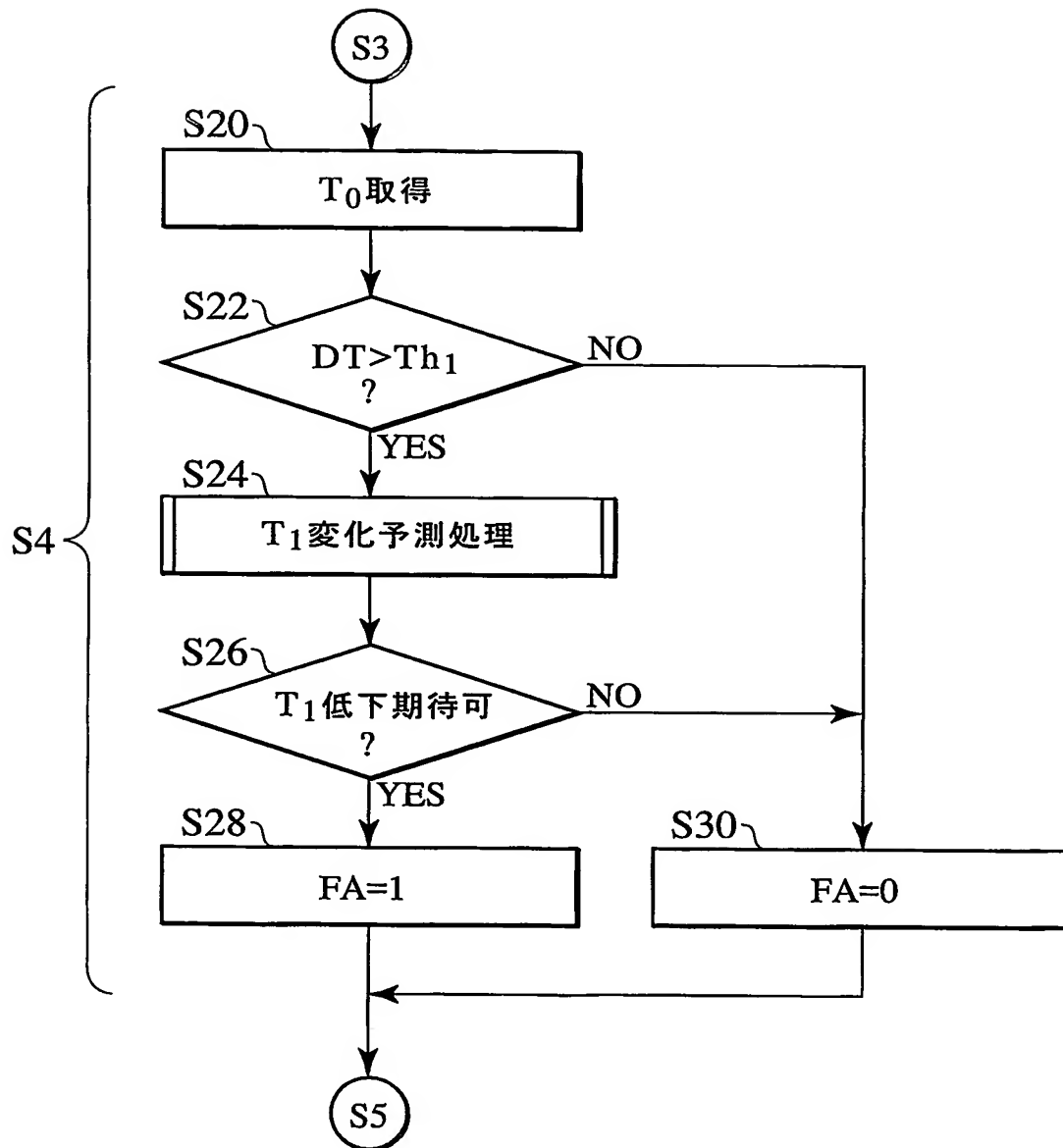
4/23

FIG.4



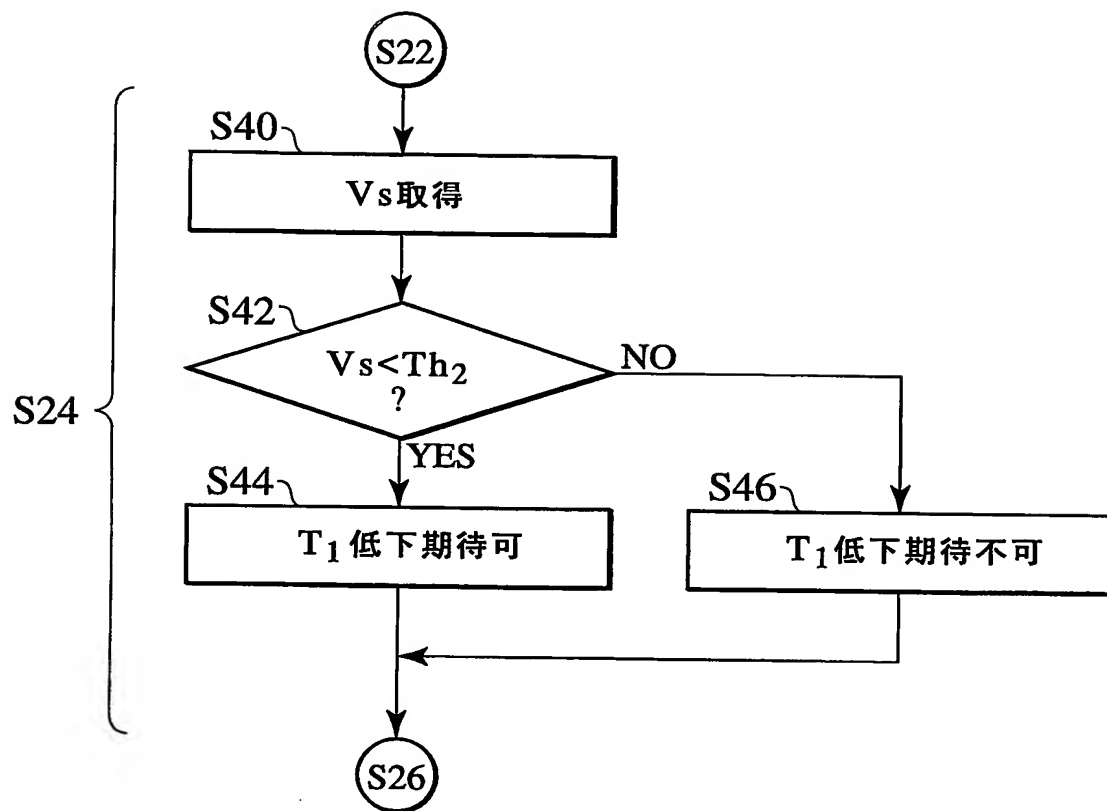
5/23

FIG.5



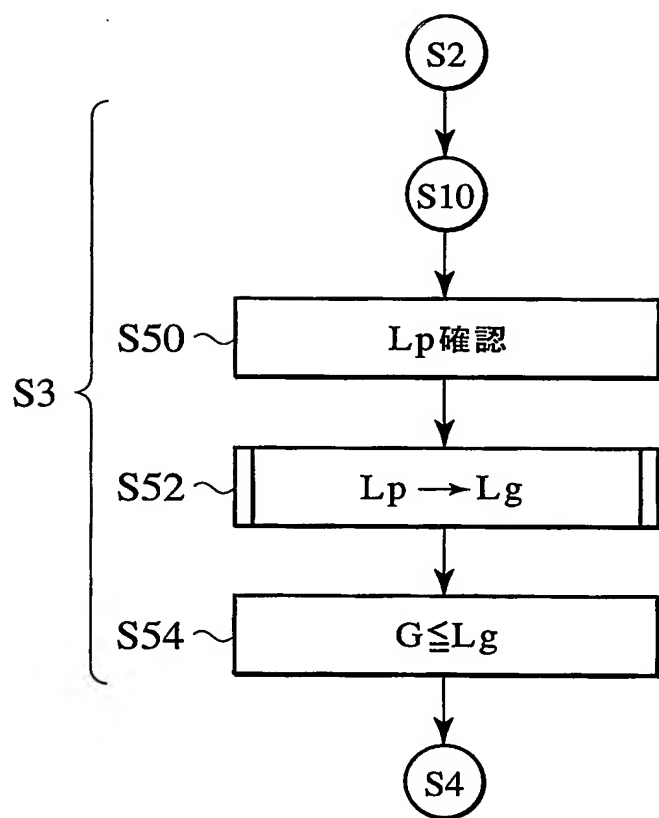
6/23

FIG.6



7/23

FIG. 7



8/23

FIG.8A

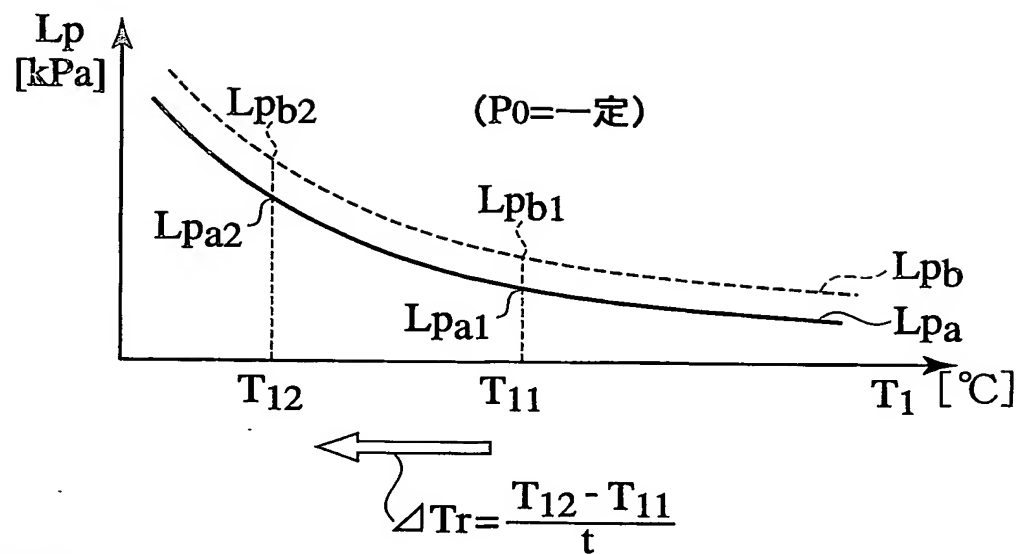


FIG.8B

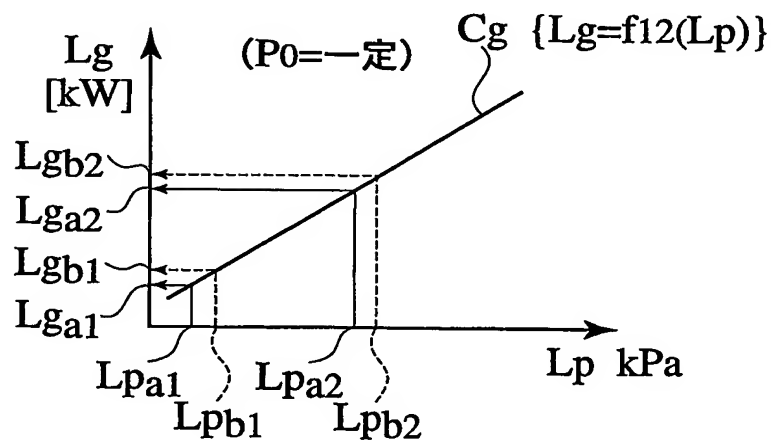
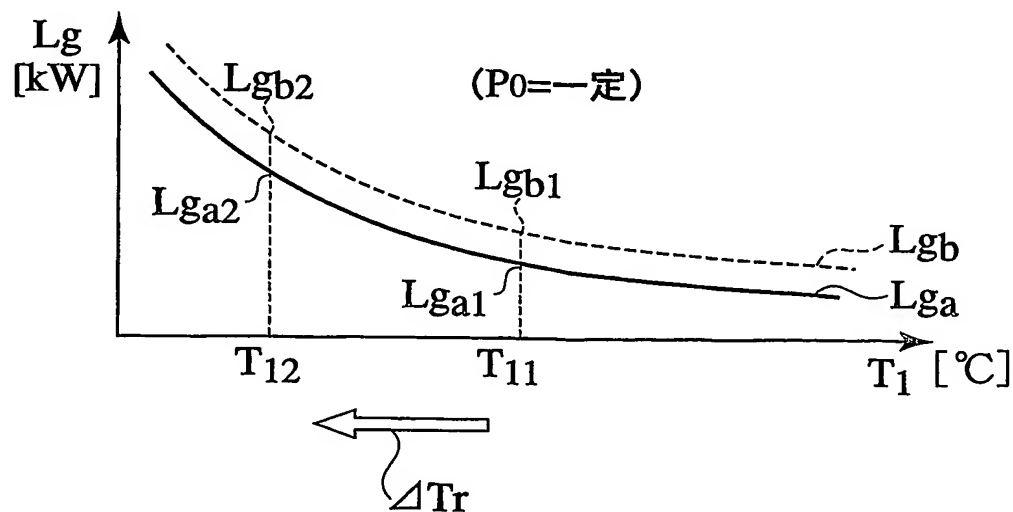
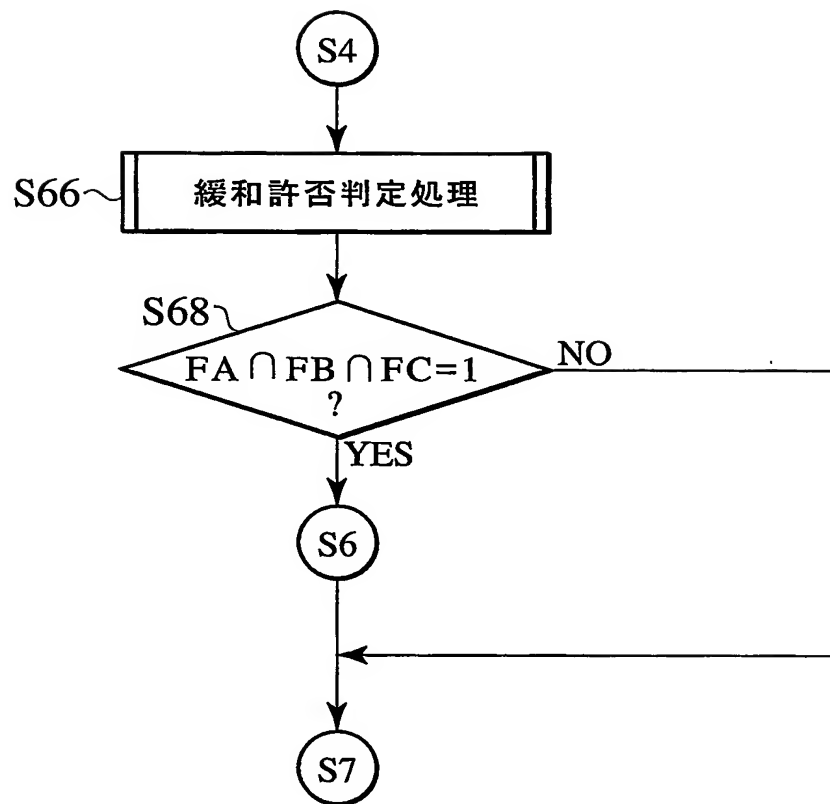


FIG.8C



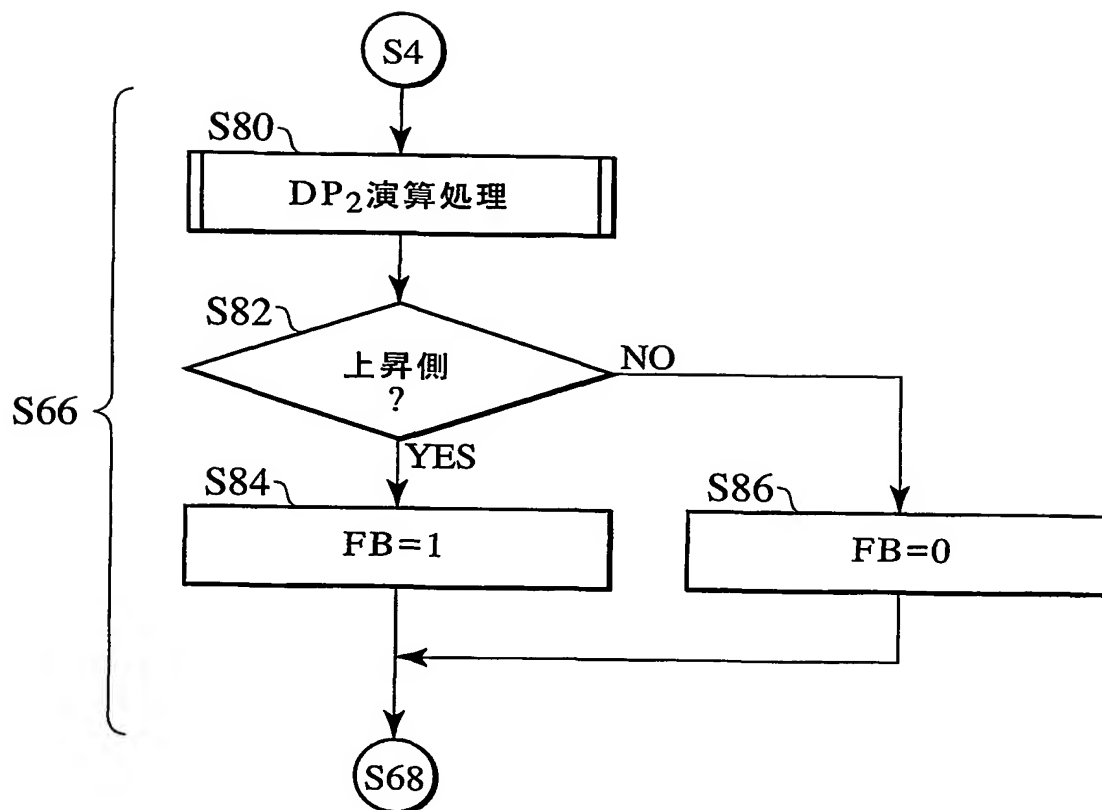
9/23

FIG.9



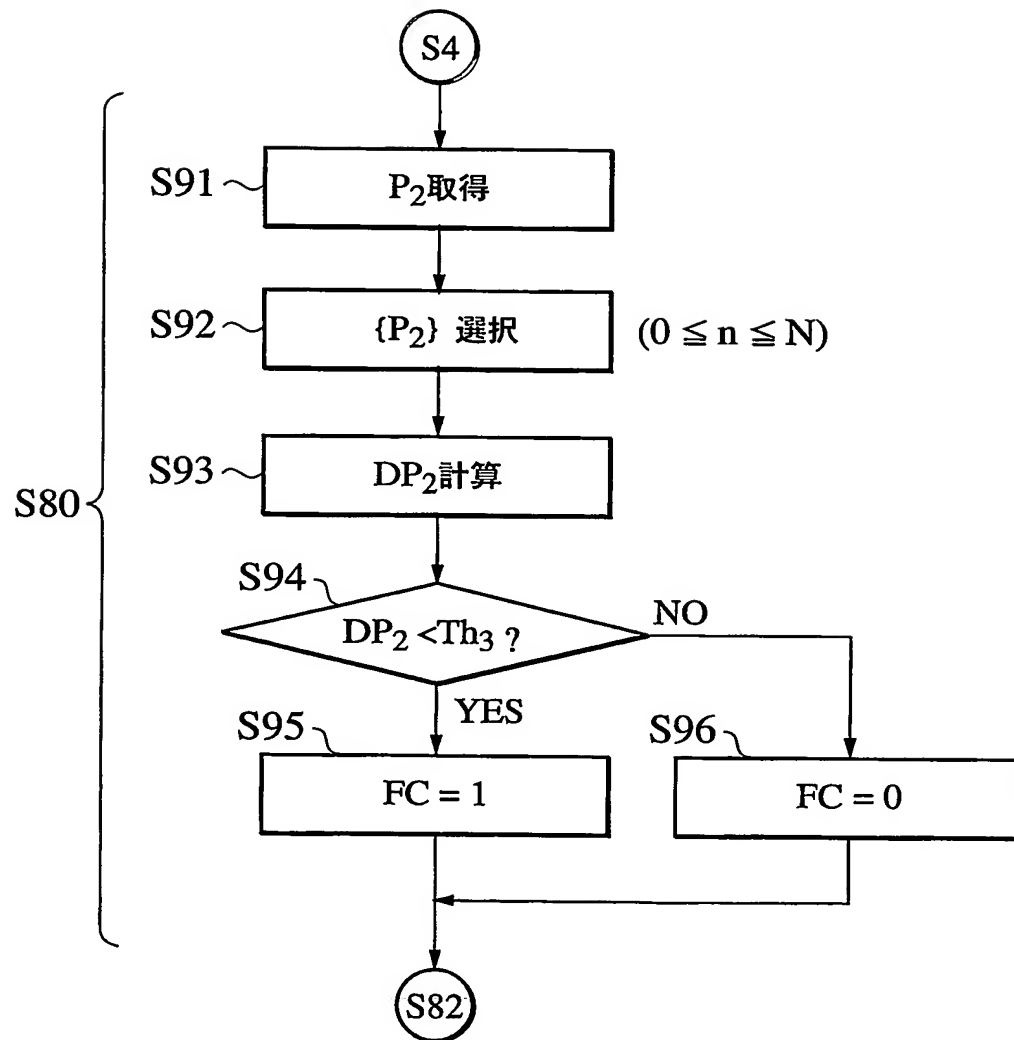
10/23

FIG.10



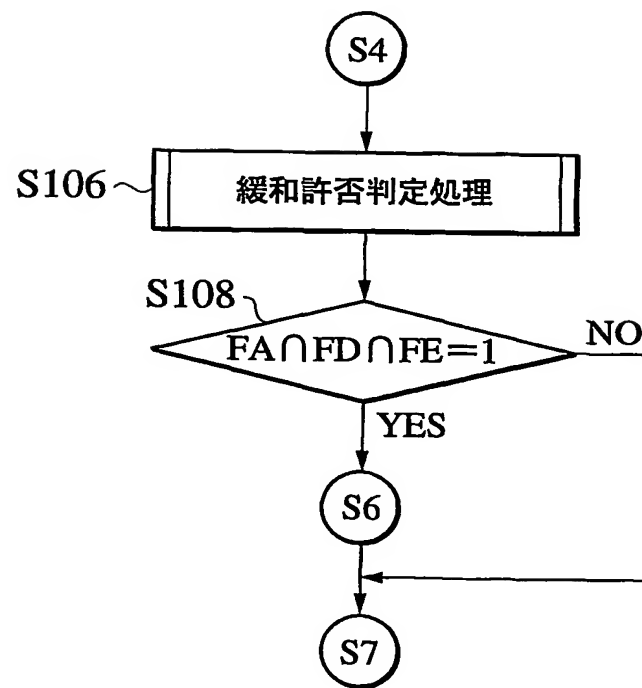
11/23

FIG. 11



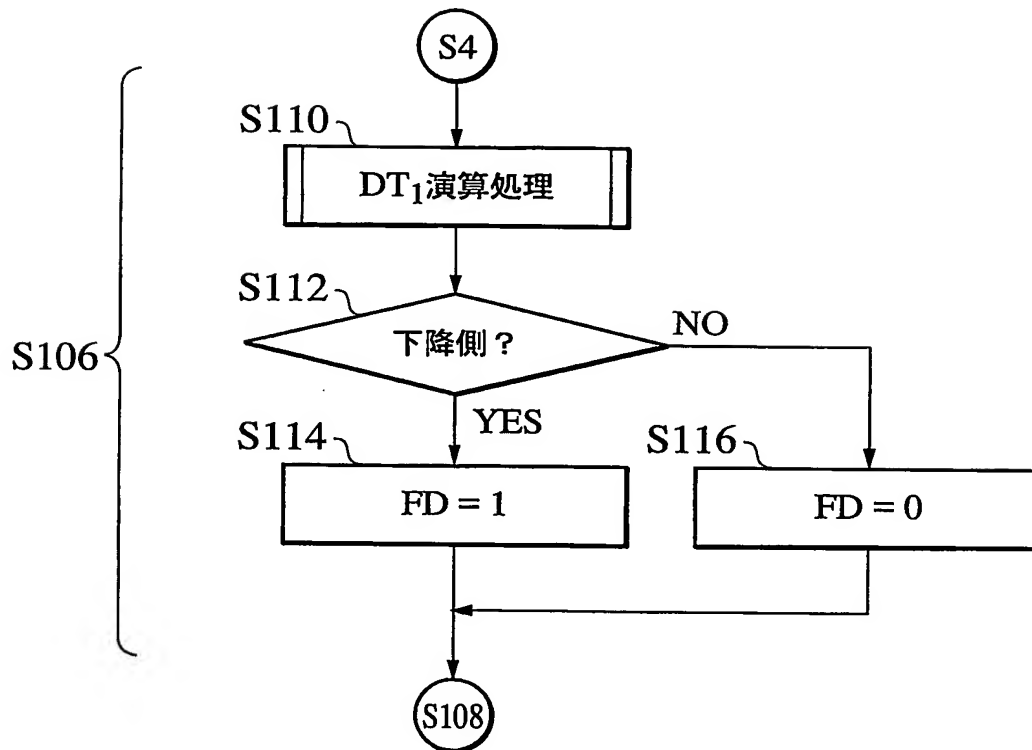
12/23

FIG. 12



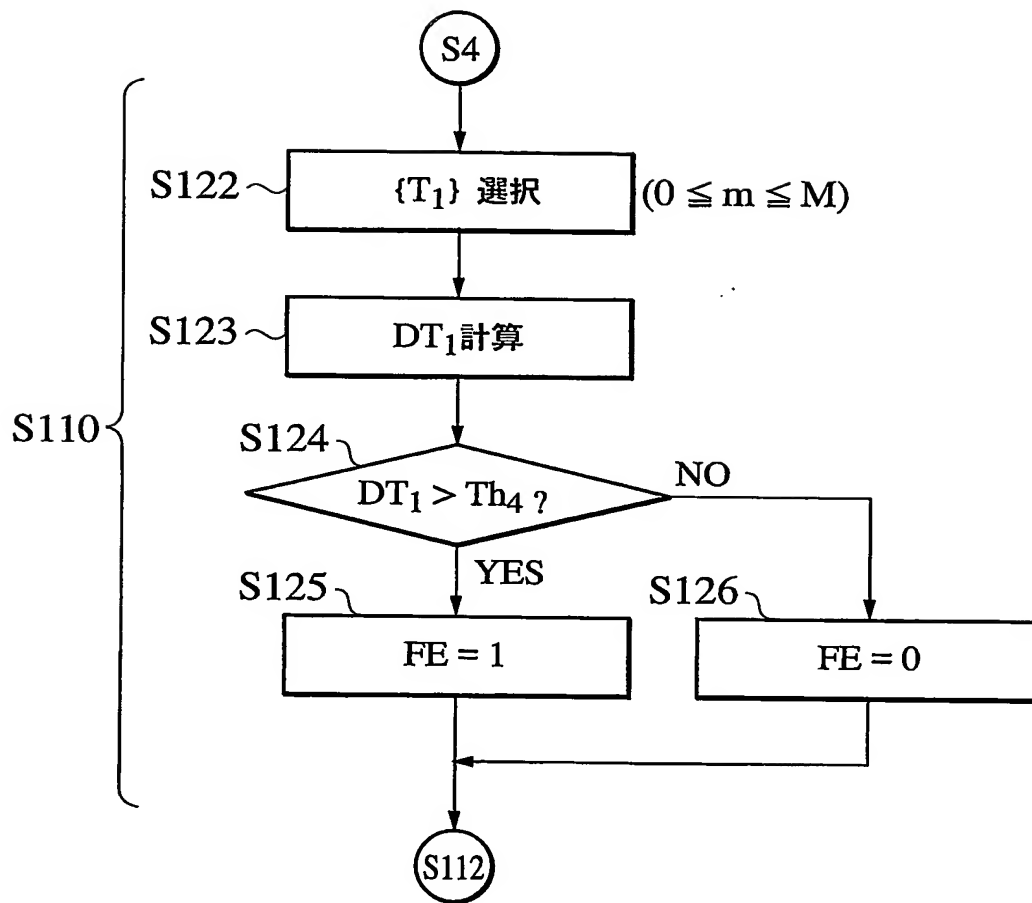
13/23

FIG.13



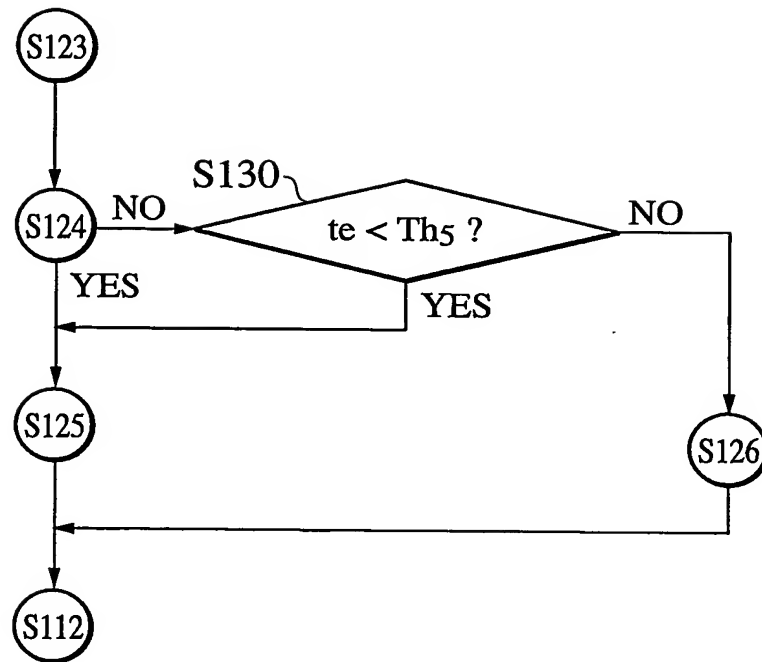
14/23

FIG.14



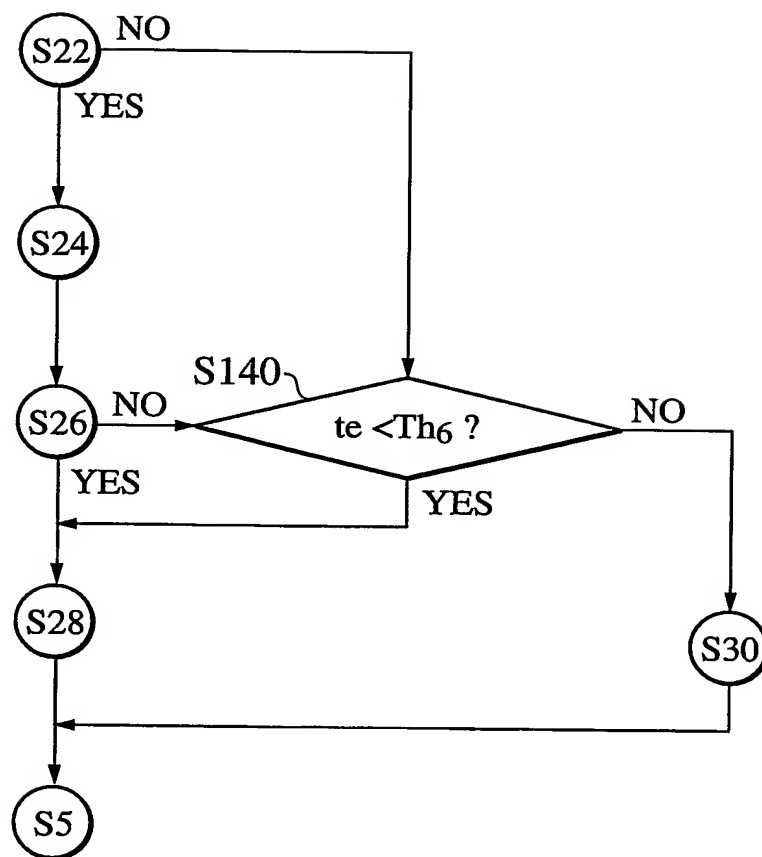
15/23

FIG.15



16/23

FIG. 16



17/23

FIG.17

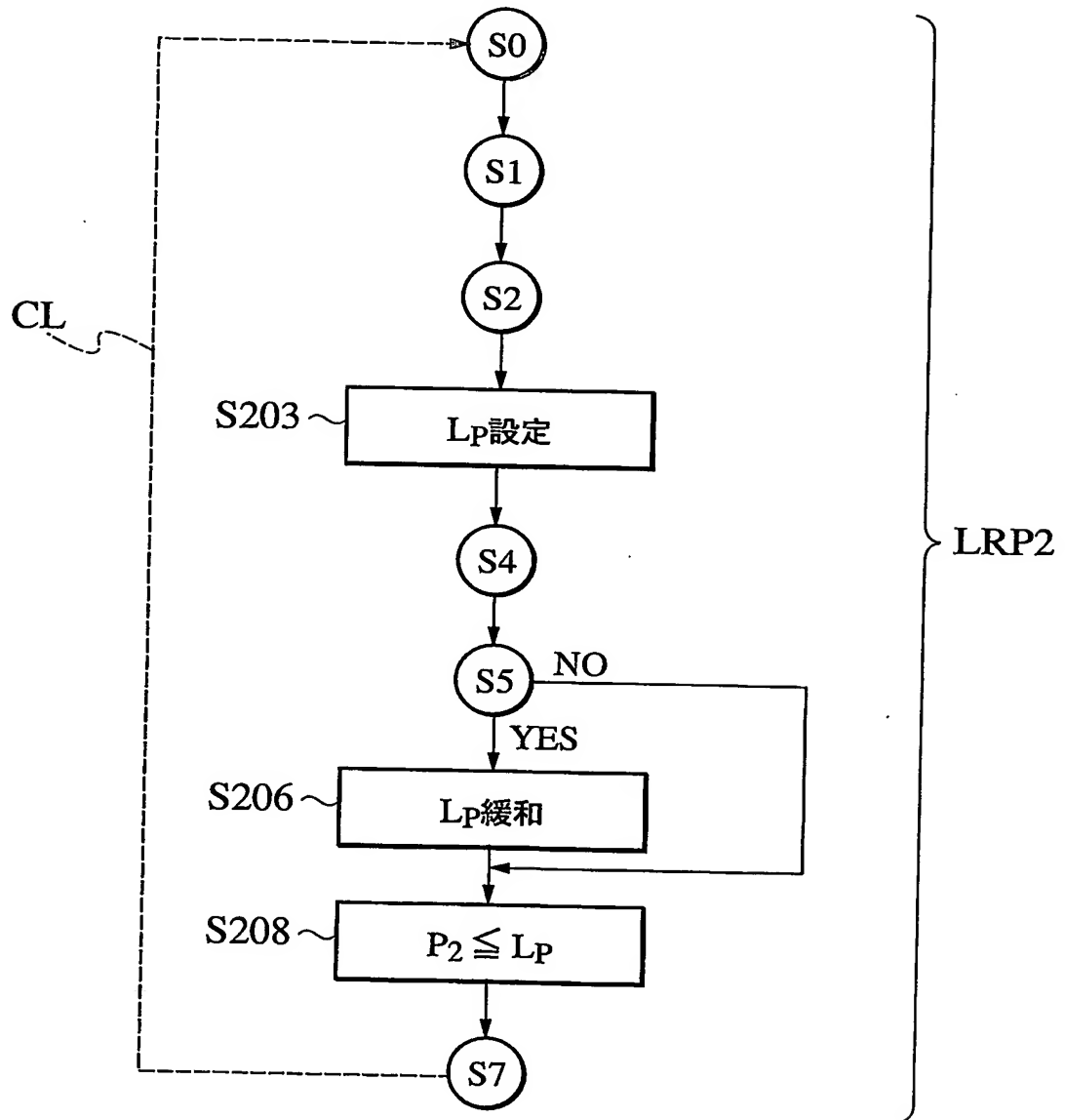
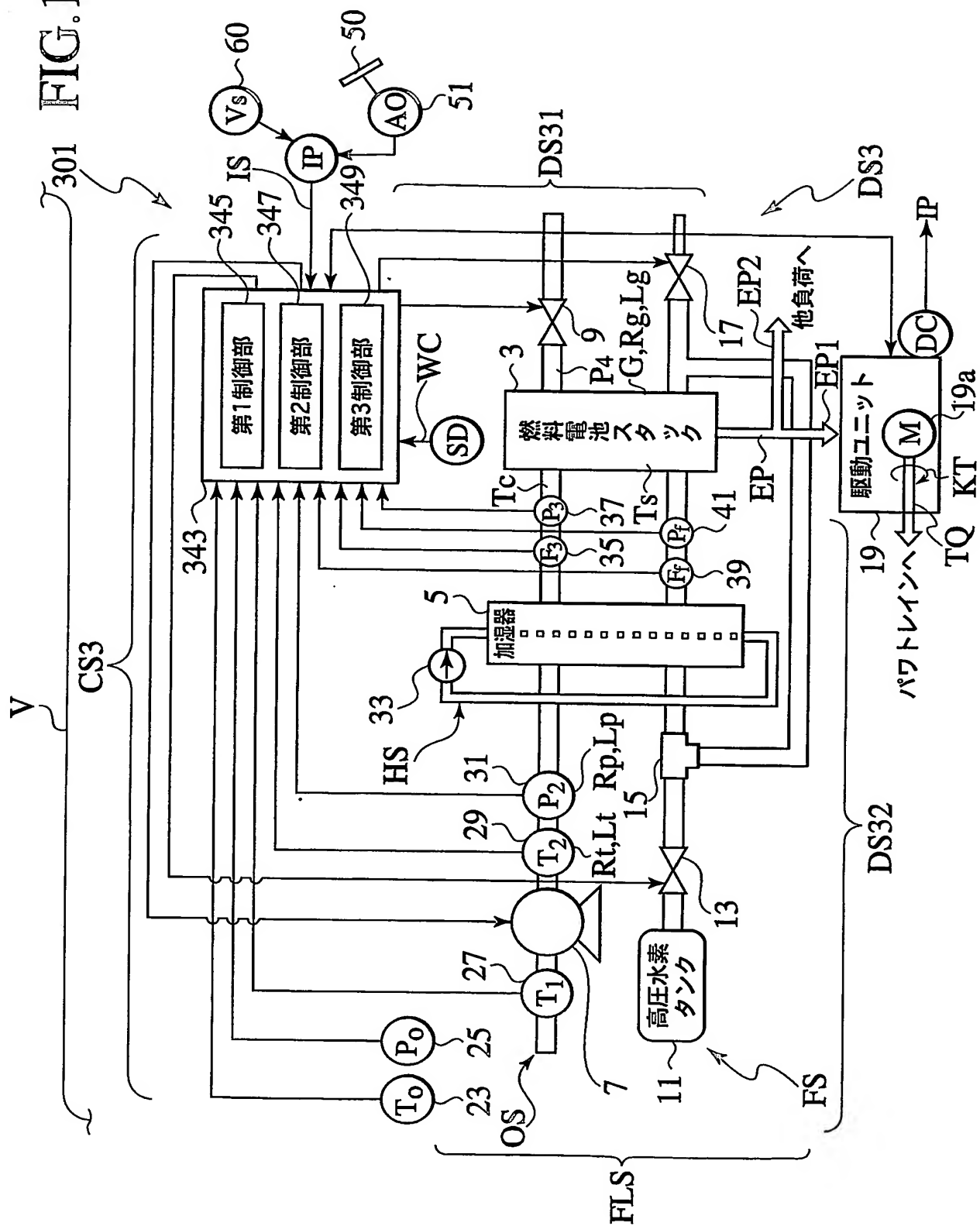
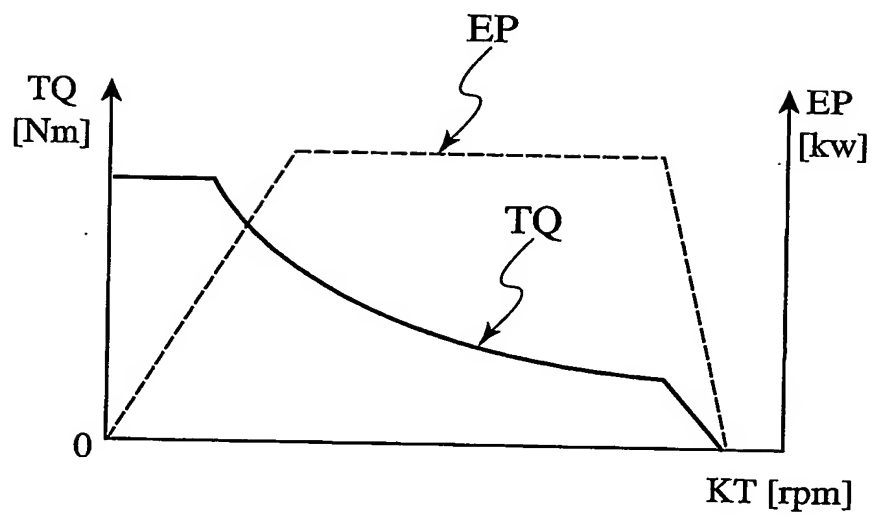


FIG. 18



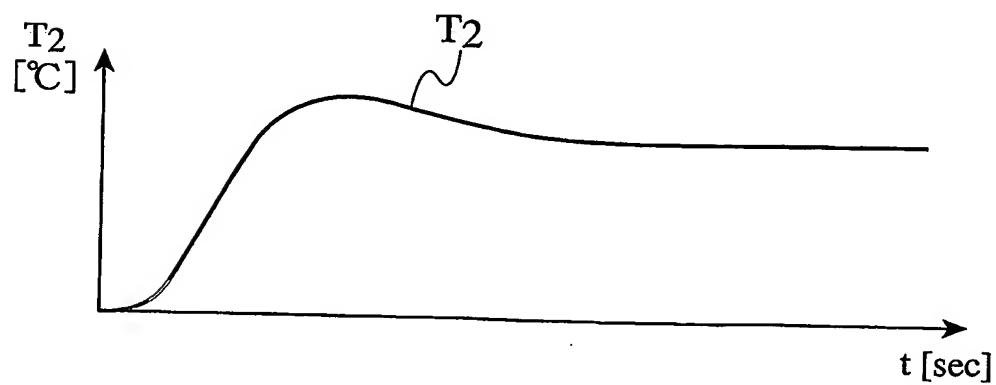
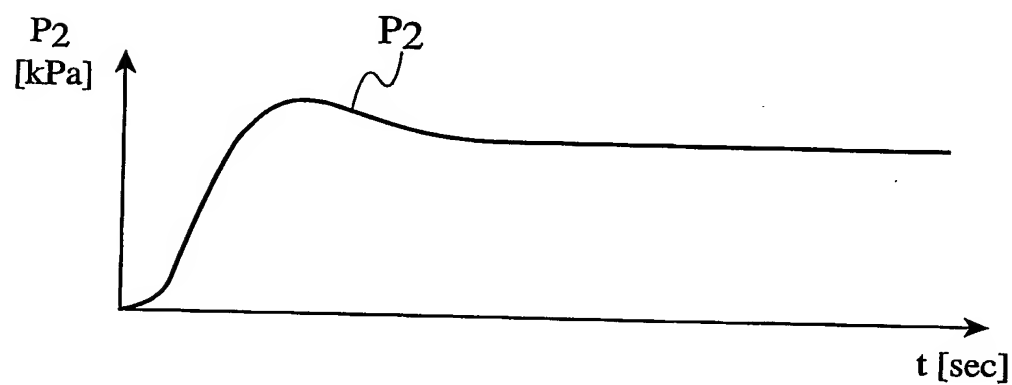
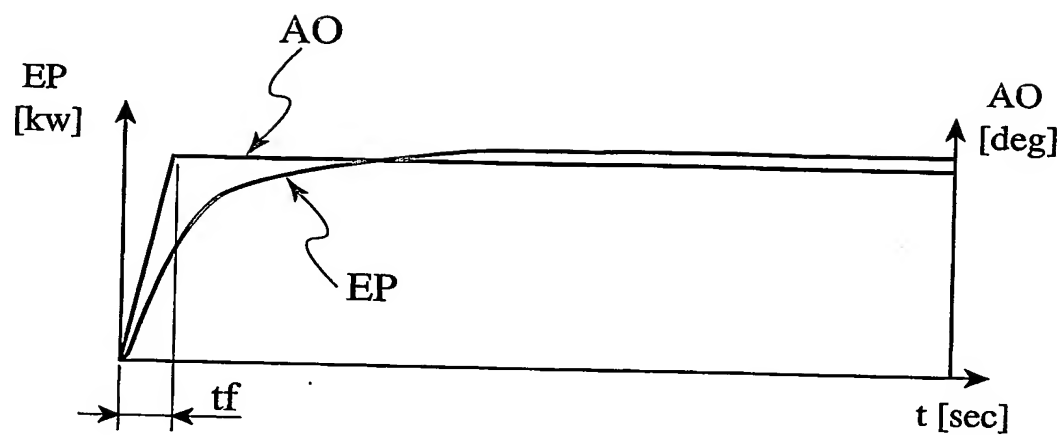
19/23

FIG. 19



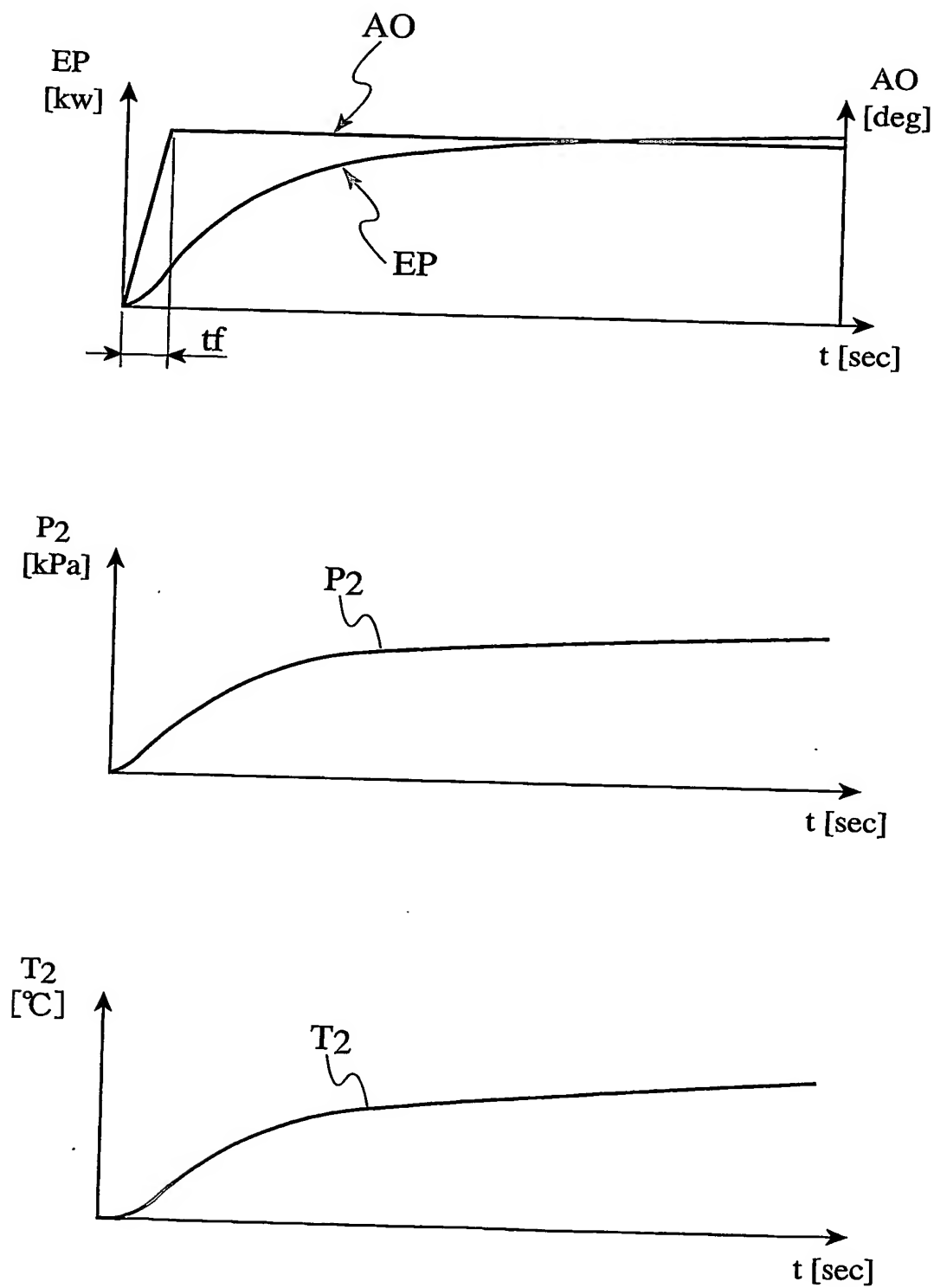
20/23

FIG.20



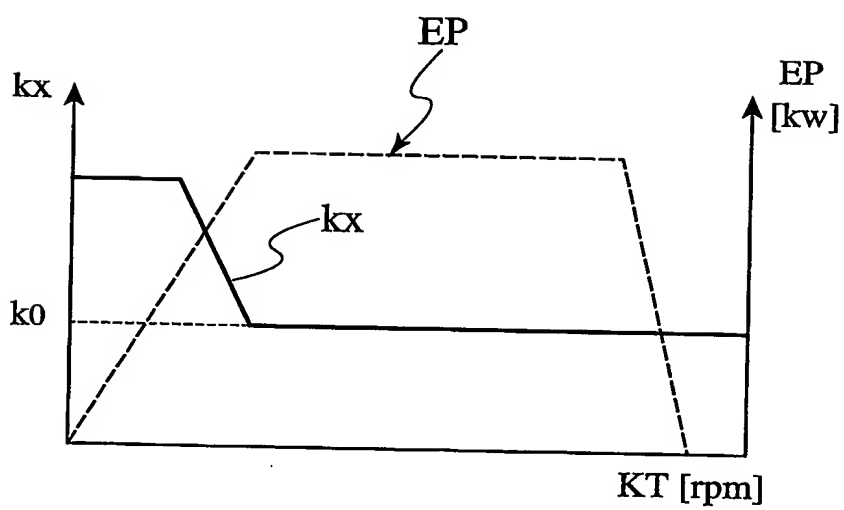
21/23

FIG.21



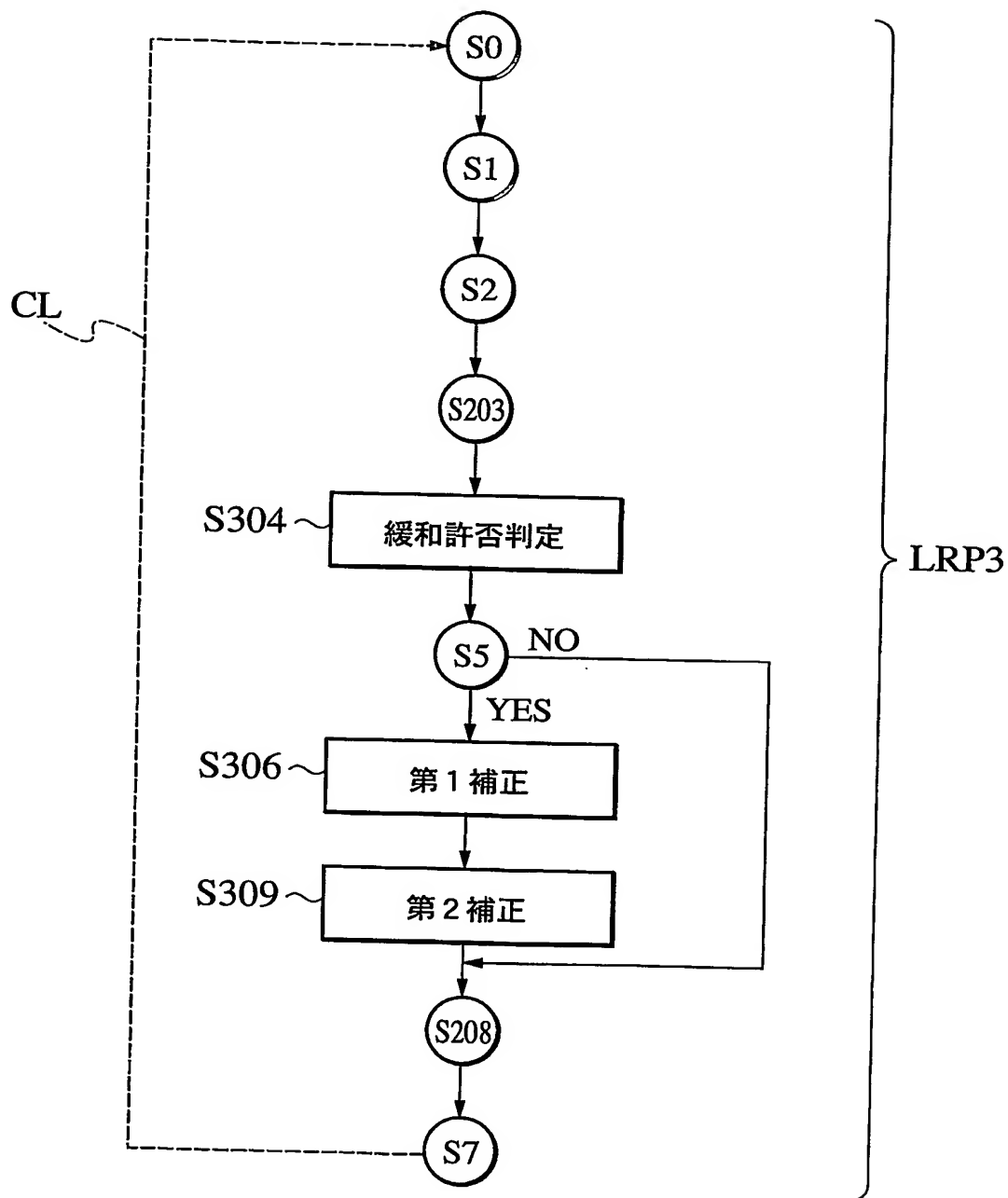
22/23

FIG.22



23/23

FIG.23



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/005371

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01M8/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01M8/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 62-103979 A (Mitsubishi Electric Corp.), 14 May, 1987 (14.05.87), Page 4, upper right column, line 5 to page 5, upper right column, line 5 (Family: none)	13, 17, 19
X	JP 2002-117875 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 19 April, 2002 (19.04.02), Full text (Family: none)	13, 17, 19
X	JP 60-160573 A (Shimadzu Corp.), 22 August, 1985 (22.08.85), Full text (Family: none)	13, 17, 19

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
23 July, 2004 (23.07.04)

Date of mailing of the international search report
17 August, 2004 (17.08.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/005371

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 5-335029 A (Hitachi, Ltd.), 17 December, 1993 (17.12.93), (Family: none)	1-19
A	JP 2002-352826 A (Honda Motor Co., Ltd.), 06 December, 2002 (06.12.02), (Family: none)	1-19
A	JP 2003-21071 A (Nagano Keiki Kabushiki Kaisha), 24 January, 2003 (24.01.03), (Family: none)	1-19
A	JP 59-18577 A (The Kansai Electric Power Co., Inc.), 30 January, 1984 (30.01.84), (Family: none)	1-19

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01M8/04

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01M8/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2004年

日本国登録実用新案公報 1994-2004年

日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 62-103979 A (三菱電機株式会社) 1987.05.14, 第4頁右上欄第5行~第5頁右上欄第5行 (ファミリーなし)	13, 17, 19
X	JP 2002-117875 A (日産自動車株式会社) 2002.04.19, 全文 (ファミリーなし)	13, 17, 19
X	JP 60-160573 A (株式会社島津製作所) 1985.08.22, 全文 (ファミリーなし)	13, 17, 19

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

23.07.2004

国際調査報告の発送日

17.8.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

高木 康晴

4X

9275

電話番号 03-3581-1101 内線 3477

様式PCT/ISA/210 (第2ページの続き) (2004年1月)